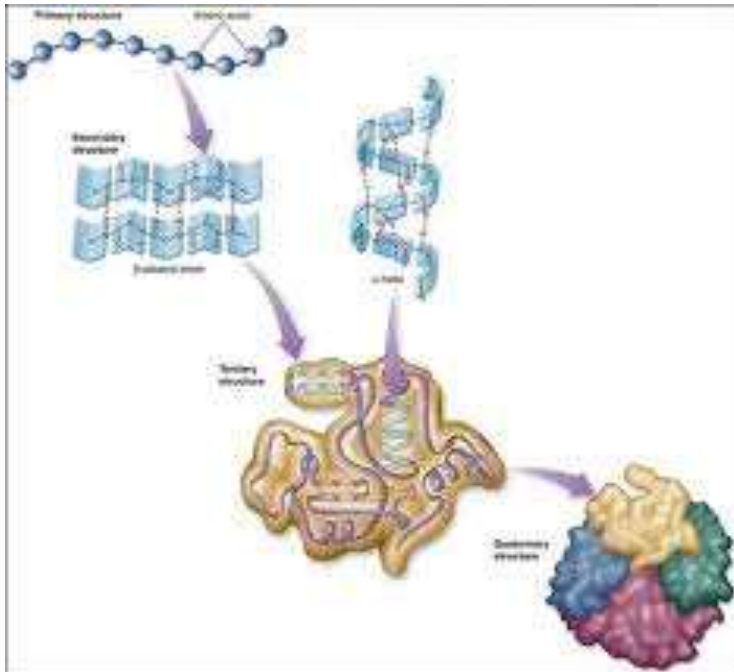


# Biokimia

## Hasil Perairan



Warmadewa University Press. **2012**

# **BIOKIMIA HASIL PERAIRAN**

**PROF.DR..IR.I GDE SURANAYA PANDIT, M.P**

**Perpustakaan Nasional : Katalog dalam Terbitan  
(KDT)**



EC00201852705 , 5 November 2018

ISBN 978-602-1582-00-8



**Penerbit  
Warmadewa University Press**



# BIOKIMIA HASIL PERAIRAN

Penulis,  
Prof.Dr.Ir.I Gde Suranaya Pandit, M.P

Diterbitkan oleh;

**Warmadewa University Press**

Ijin terbit : SDA/05/XII/2012

Jln. Terompong No. 24 Tanjung Bungkak Denpasar-Bali 80235

Telp. 0361. 223858 : Fax. 0361 235073

Website : <http://www.warmadewa.ac.id>



EC00201852705 , 5 November 2018

ISBN 978-602-1582-00-8



**Bhagawad-Gita. 2.33.**

***Kalau engkau tidak melaksanakan kewajiban dharmamu sebagai seorang pendidik, engkau pasti akan menerima dosa akibat melalaikan kewajibanmu, kemahyuranmu akan hilang, maka lakukan dharmamu.***



EC00201852705, 5 November 2018

ISBN 978-602-1582-00-8



**Hak Cipta penerbit**

*Hak Cipta dilindungi Undang-Undang*

*Sanksi Pelanggaran Pasal 44*

1. *Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruhnya isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit*
2. *Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan akan memperbanyak suatu ciptaan atau memberi ijin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp 100.000.000,- (seratus juta rupiah).*
3. *Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat 1, dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan atau denda paling banyak Rp 50.000.000,- (lima puluh juta rupiah).*

## Kata Pengantar

Buku Biokimia Hasil Perairan ini disusun dengan maksud untuk membantu mengarahkan para mahasiswa untuk memahami tentang biokimia dengan segala aspeknya. Adanya buku biokimia hasil perairan mahasiswa dapat menambah pengetahuan tentang komposisi biokimia hasil perairan, struktur rumus kimia air, protein, lemak, karbohidrat, vitamin, mineral, non protein nitrogen (NPN) dan permasalahannya, reaksi-reaksi kimia seperti cara ekstraksi, serta jalur metabolismenya.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Istriku tercinta dan Anak-anakku terkasih serta Teman-teman, Sahabat yang telah memberikan semangat dan dorongan kepada penulis untuk menulis serta menerbitkan buku biokimia hasil perairan ini, semoga buku ini ada manfaatnya. Tak lupa penulis mengharapkan kritik dan masukan dari para pembaca buku ini, dan akan disempurnakan pada penerbitan berikutnya.

Denpasar, 12 - 12 - 2012

Penulis,

# Daftar Isi

	halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
BAB. 1. PENDAHULUAN.....	1
BAB. 2. AIR DAN AIR BEBAS.....	7
BAB. 3. PROTEIN DAN ASAM AMINO.....	22
BAB. 4. LEMAK DAN ASAM LEMAK.....	67
BAB. 5. KARBOHIDRAT DAN GLIKOGEN.....	102
BAB. 6. VITAMIN DAN RETINOL.....	122
BAB. 7. MINERAL DAN IODIUM.....	132
BAB. 8. NON PROTEIN NITROGEN (NPN).....	137
DAFTAR PUSTAKA.....	139
PENULIS.....	142

ISBN 978-602-1582-00-8



EC00201852705 , 5 November 2018

## Daftar Tabel

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Komposisi proksimat daging tuna (dalam % berat).....	4
2. Aw minimum untuk syarat pertumbuhan mikrobia..	12

## Daftar Gambar

Gambar	halaman
1. Molekul air .....	7
2. Kerapatan air dan es (kerapatan air lebih besar daripada es). .....	8
3. Molekul-molekul air dan kristal es.....	9
4. ISL dan daerah serangan mikrobia pada aw tertentu.....	14
5. Desorpsi dan adsorpsi kadar air bahan dengan kelembaban relatif seimbang (%).....	16
6. Alat-alat untuk analisa kadar air seperti a. botol timbang dan b, cawan penguap, c. timbangan digital, d. eksikator, e. Oven pemanas.....	21
7. Molekul protein .....	22
8. Protein .....	28
9. Rumus asam amino .....	29
10. Klasifikasi asam amino .....	31
11. Ikatan peptide .....	42
12. Rantai Polipeptida .....	43
13. Struktur protein .....	45
14. Struktur primer protein .....	46
15. Struktur skunder protein .....	47
16. Struktur tertier protein.....	48
17. Struktur kuarterner protein.....	50
18. Proses denaturasi protein.....	53
19. Proses perombakan asam amino tryptophan menjadi indols, asam pyruvat dan amoniak.....	57
20. Proses perombakan asam amino histidin menjadi histamin.....	57
21. Alat kjeldahl dan titrasi untuk analisis protein kasar .....	59
22. Proses untuk pembuatan HPI .....	63



23. Gliserol, asam lemak menghasilkan trigliserida.....	68
24. Asam karboksilat .....	71
25. Bentuk trans dan cis dari asam lemak.....	71
26. Proses ketengikan .....	87
27. Struktur kimia fosfolipid .....	89
28. Struktur kimia kolesterol .....	90
29. Minyak ikan .....	94
30. Alat soklet untuk analisis lemak.....	97
31. Struktur kimia glikogen .....	109
32. Proses rigormortis .....	112
33. Siklus krebs .....	121
34. Struktur Vitamin $C_{20}H_{30}O$ .....	123
35. Struktur Vitamin A retinol.....	125
36. Struktur vitamin D (D2 dan D3).....	128
37. Struktur vitamin E .....	130
38. Struktur Vitamin K1 dan K2 .....	131
39. Penderita penyakit gondok.....	136
40. Struktur kimia urea.....	137
41. Struktur kimia trimetilamin dan trimetilamin oksida.....	138
42. Struktur kimia asam amino bebas.....	138

## BAB 1. PENDAHULUAN

Begitu mendengar kata Biokimia, maka terkesan istilah yang menakutkan, sulit, dan membosankan karena pertanyaan Apa itu Biokimia selalu ada kesan sulit ? sehingga definisi biokimia ini dibuat sederhana saja yaitu Ilmu Biokimia ialah menurut *Webster's dictionary* *Bios* berasal dari bahasa Yunani, artinya “**hidup**” dan *Kimia* artinya” **unsur-unsur kimia yang ada pada makhluk hidup**” atau “kimia yang terjadi dan menjadi ciri kehidupan.” Selanjutnya dikatakan dalam WebNet dictionary “Biokimia adalah kimia dari bahan-bahan dan proses-proses yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup dalam hal ini **Biokimia Hasil Perairan** adalah hasil perairan khususnya (ikan)” sebagai upaya untuk memahami proses kehidupan dari sisi kimia hasil perairan (ikan). Atau dengan kata lain Biokimia ialah ilmu yang berhubungan dengan berbagai molekul di dalam sel atau organisme hidup sekaligus dengan reaksi kimianya. Biokimia berasal dari kata *BIOS* artinya hidup atau hayati dan kini disebut dengan ilmu biologi, sedangkan kata *CHEMIOS* artinya kimia khususnya

kimia organik, sehingga perpaduan kata di atas disebut dengan biokimia.

Tujuan pembelajaran dari ilmu biokimia adalah untuk pengenalan dan memahami tentang biokimia hasil perairan (ikan) yaitu tentang istilah dan struktur kimia seperti air, protein, lemak, karbohidrat, vitamin, mineral, *non protein nitrogen* (NPN) dan permasalahannya, reaksi-reaksi kimia seperti ekstraksi, serta jalur metabolisme.

Hasil perairan salah satunya adalah ikan yaitu semua hewan veterbrata, berdarah dingin (*poikiloterm*) yaitu suhu tubuh mengikuti suhu lingkungan perairan, bernapas dengan insang, bergerak dan mengatur keseimbangan dengan sirip, sedangkan hasil perairan adalah semua organisme yang hidup dalam lingkungan perairan seperti air laut, air payau dan air tawar.

Manfaat dari ilmu biokimia adalah untuk kesejahteraan manusia dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni, maka dapat dikatakan

hampir semua ilmu kehidupan berhubungan dengan biokimia.

Ikan dan hasil perairan lainnya memiliki komposisi kimia terdiri dari komponen mayor dan minor, dimana komponen mayor, merupakan komponen yang terdapat dalam jumlah besar pada tubuh ikan yaitu air, protein, dan lemak, sedangkan komponen minor, merupakan komponen yang terdapat dalam jumlah kecil pada tubuh ikan seperti vitamin, mineral, karbohidrat dan NPN. Komposisi komponen mayor dan minor berjumlah 100 %, dimana komponen mayor terdiri dari air berkisar sebesar 70 – 80 %, protein berkisar 14 – 20 %, dan lemak berkisar antara 2 – 12 %, sedangkan komponen minor ialah karbohidrat dalam bentuk glikogen sebanyak 0,6 %, vitamin yaitu vitamin yang tidak larut dalam air seperti A D E K, mineral terutama kadar iodium dan senyawa Non Protein Nitrogen (NPN) seperti *trimethylamin*, asam-asam amino bebas dan senyawa-senyawa yang mengandung N lainnya. Komponen-komponen di atas sangat bervariasi jumlahnya tergantung dari 2 faktor yaitu faktor *intrinsik* seperti

spesies dan keanekaragaman ikan, umur atau ukuran ikan, jenis kelamin. Faktor *ektrinsik* seperti habitat atau tempat hidup, musim penangkapan, aktivitas ikan.

Tabel 1. Komposisi proksimat daging tuna (dalam % berat)

No	Jenis Tuna	Sampel	Air	Protein	Lemak	Abu
1	Blue fin tuna	Daging merah	68,7	28,3	1,4	1,50
		Daging berlemak	52,6	21,4	24,6	1,30
2	Southern blue fin tuna	Daging merah	65,6	23,6	9,3	1,40
		Daging berlemak	63,9	23,1	11,6	1,30
3	Yellow fin tuna	Daging merah	74,2	22,2	2,1	1,40
4	Marlin		72,1	25,4	3	1,40
5	Skipjack		70,4	25,8	2	1,40
6	Mackerel		62,5	19,8	16,5	1,10

Sumber : Murniati dan Sumarno. (2000)

Jenis ikan dan kandungan protein per 100 gr, yaitu ikan bandeng 20,0 %, ikan bawal 19,0 %, belut 14,0 %, ikan gabus kering 58,0 %, ikan asin kering 42,0 %, ikan mas 16,0 %, ikan segar lainnya 17,0 %, ikan kakap 20,0 %, ikan kembung 22,0 %, sardines 21,1, % ikan selar kering 38,0 %, ikan selar segar 18,8 %, ikan teri kering 33,4 %, ikan teri segar 16,0 %.

## 1. Pengantar Metabolisme

Proses metabolisme merupakan proses biokimia yang terjadi di dalam sel yaitu peristiwa pembentukan dan perombakan senyawa dan makromolekul. Pada proses metabolisme ini terjadi dua peristiwa yaitu anabolisme dan katabolisme seperti ilustrasi di bawah.

### Anabolisme

Senyawa penyusun	Makromolekul
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gula sederhana</li> <li>• Asam amino</li> <li>• Asam lemak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polisakarida (KH)</li> <li>• Protein (Peptida)</li> <li>• Lipida (Lemak)</li> </ul>

### Katabolisme

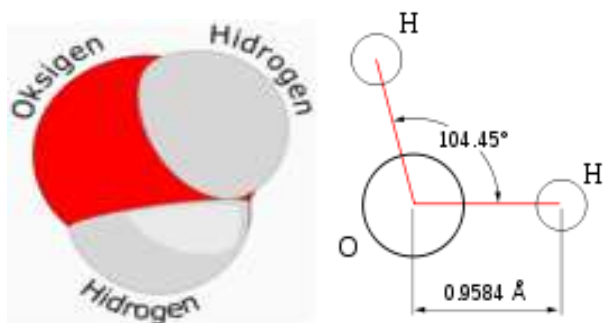
Katabolisme adalah peristiwa pemecahan enzimatik dari bahan-bahan yang bermolekul besar (bahan makanan mengandung karbohidrat, lemak dan protein) menjadi senyawa bermolekul kecil/ sederhana, seperti glukosa, laktat, asetat, asam urat, amoniak,  $\text{CO}_2$  dan urea, sehingga terbebaskan energi. Anabolisme adalah peristiwa pembentukan atau sintesis enzimatik senyawa molekul besar dari senyawa yang lebih sederhana, pada umumnya diperlukan energi.

Tugas kepada mahasiswa untuk mencari komposisi kimia ikan yang lain, beri pembahasannya, sumber pustaka

## BAB 2. AIR

Air merupakan komponen terbesar berkisar antara 70 - 80 % dari total kandungan tubuh ikan, dimana kandungan air ini dalam tubuh ikan, ada pada dua bentuk yaitu air bebas dan air terikat. Air bebas terdapat di seluruh permukaan tubuh ikan dan air bebas ini sering dinyatakan dengan *water activity* ( $a_w$ ),  $a_w$  dalam kehidupan mikroorganisme sangat dibutuhkan dan air bebas ini sangat bermanfaat untuk pertumbuhan mikroorganisme serta media bagi reaksi-reaksi kimia.

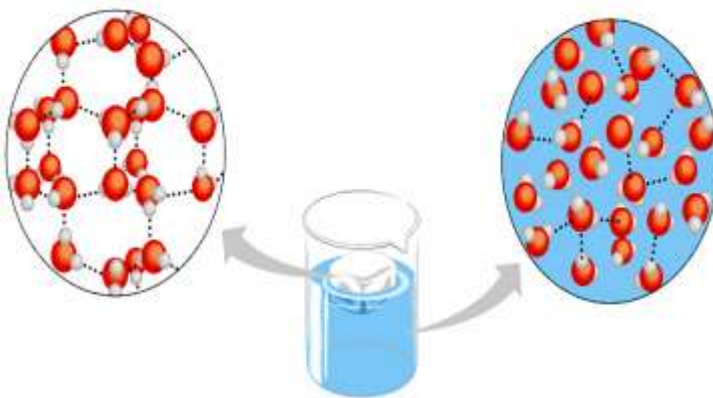
Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia  $H_2O$  yaitu 1 molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen.



Gambar 1. Molekul air



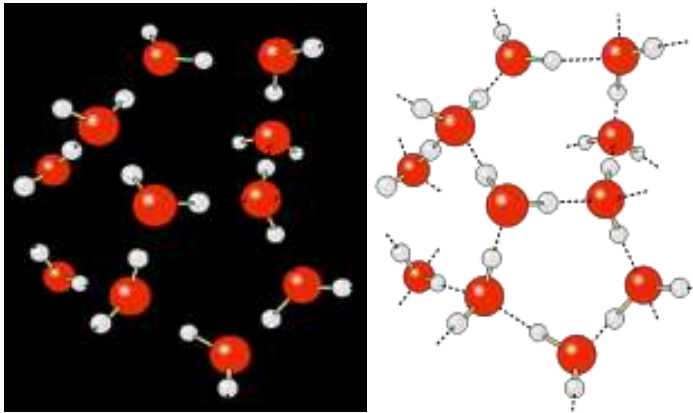
Molekul-molekul air terdiri dari molekul-molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang saling berdekatan dengan kerapatan tertentu, sehingga untuk menjadi es, maka kerapatannya menjadi sangat rapat atau dengan kata lain kerapatan air lebih besar dari pada es seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2. Kerapatan air dan es (kerapatan air lebih besar daripada es).**

Es merupakan suatu senyawa yang terdiri dari molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yaitu (H-O-H) yang tersusun sedemikian rupa sehingga 1 atom oksigen diapit oleh masing-masing 1 atom hidrogen, jadi terletak disatu sisi antara sepasang

atom hidrogen dengan dengan molekul air lainnya seperti Gambar 3.



**Gambar 3. Molekul-molekul air dan kristal es**

Air terikat adalah air yang terikat secara kimia, fisik dan koloid dengan senyawa lain seperti lemak, protein dan sebagainya. Perbandingan jumlah air terikat lebih sedikit dibandingkan dengan air bebas. Ikatan hidrogen tidak hanya mengikat molekul-molekul air satu sama lain, tetapi juga mengikat molekul-molekul lainnya dan menyebabkan pembentukan hidrat antara air dengan senyawa lain yang mempunyai kutub O seperti karbohidrat mempunyai gugus (OH) hidroksil atau N untuk protein.

## **2.1. Air pada Ikan dan Hasil Perairan**

Air bebas dan air terikat (*water bound*) yang keterikatannya berbeda-beda pada masing-masing ikan. Menurut derajat keterikatannya air pada ikan dibagi menjadi 3 tipe yaitu :

Air tipe I adalah air yang terikat pada molekul-molekul lain melalui suatu ikatan hidrogen yang besar. Molekul air membentuk hidrat dengan molekul lain yang mengandung atom O dan N seperti KH dan protein. Air tipe I ini sangat sulit dihilangkan dengan pengeringan biasa. Air yang dalam keadaan terikat kuat yaitu membentuk hidrat. Ikatannya berifat ionik sehingga relatif sukar dihilangkan atau diuapkan. Air ini tidak membeku meskipun pada suhu 0° F.

Air tipe II yaitu molekul air membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lainnya. Penghilangan air tipe II dapat menurunkan aw, bila air tipe II dihilangkan, maka pertumbuhan mikrobial dan reaksi kimia akan terhenti seperti reaksi browning, hidrolisis atau oksidasi lemak. Jika dihilangkan seluruhnya, maka kadar air

bahan menjadi 3-7 %, maka kestabilan bahan akan tercapai, kecuali oksidasi lemak. Air yang terikat secara lemah karena terserap (*teradsorpsi*) pada permukaan koloid makromolekuler seperti protein, pektin pati, selulosa. Selain itu air juga terdispersi di antara koloid tersebut dan merupakan pelarut zat-zat yang ada di dalam sel. Air yang ada dalam bentuk ini masih tetap mempunyai sifat air bebas dan dapat dikristalkan pada proses pembekuan. Ikatan antara air dengan koloid tersebut merupakan ikatan hidrogen.

Air tipe III adalah air yang secara fisik terikat dalam jaringan matrik seperti membran, serat dan air ini sering disebut dengan air bebas. Air tipe III mudah diuapkan dengan pengeringan dan dapat dengan mudah dimanfaatkan oleh mikrobia untuk pertumbuhan dan media reaksi kimia lainnya. Apabila air tipe ini dihilangkan maka kadar air bahan menjadi 12-25 % dengan aw kira-kira 0,8 tergantung jenis ikan dan suhu. Air bebas, terdapat dalam ruang-ruang antar sel dan intergranular dan pori-pori yang terdapat pada bahan.

Kandungan air bahan mempengaruhi daya tahan atau umur simpan bahan terhadap serangan mikrobia yang

dinyatakan dengan aw, yaitu jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikrobia untuk pertumbuhannya. Berbagai mikrobia mempunyai aw minimal agar dapat tumbuh dengan baik misalnya.

bakteri mempunyai aw minimal = 0,90;

khamir mempunyai aw minimal = 0,80 - 0,90;

kapang/jamur mempunyai aw minimal = 0,60 - 0,70.

Tabel 2. Aw minimum untuk syarat pertumbuhan mikrobia

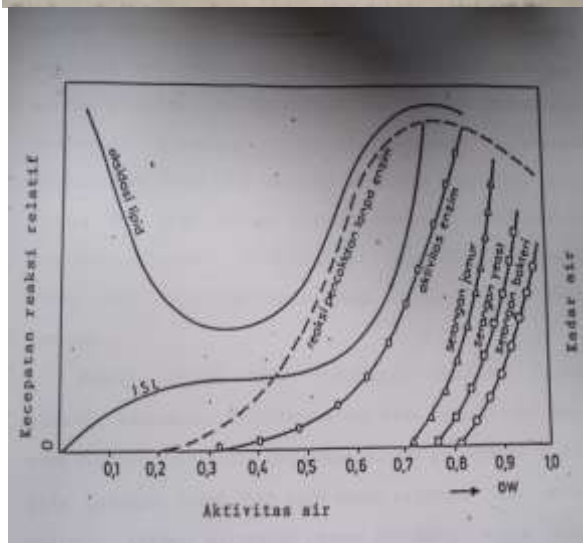
No.	Mikrobia	Aw minimum
1	<i>Halophilic bacteria</i>	0,75
2	<i>Osmophilic yeasts</i>	0,60 – 0,78
3	<i>Xerophilic molds</i>	0,60 – 0,70
4	<i>Aspergillus</i>	0,68 – 0,88
5	<i>A . glaucus</i>	0,70 – 0,75
6	<i>A. Flavus</i>	0,80 – 0,90
7	<i>A. Niger</i>	0,80 – 0,84
8	<i>Debaryomyces</i>	0,87 – 0,91
9	<i>Fusarium</i>	0,80 – 0,92
10	<i>Mucor</i>	0,80 – 0,93
11	<i>Penicillium</i>	0,80 – 0,90
12	<i>Saccharomyces rouxii</i>	0,62 – 0,81
13	<i>Xeromyces bisporus</i>	0,60 – 0,61

Sumber : Banwart, (1979)

Hubungan antara aw dengan kadar air per gram suatu bahan yang disebut dengan *Isoterm Sorpsi Lembab*

(ISL) ada 2 yaitu IAL (*isoterm adsorpsi lembab*) dan IDL (*isoterm desorpsi lembab*). Garis IAL menggambarkan keadaan posisi air dalam bahan pangan saat menyerap air yang dihubungkan dengan *relatif humidity* (RH). Keadaan sebaliknya untuk garis IDL yaitu suatu keadaan posisi air dalam bahan pangan saat melepaskan air yang dihubungkan dengan kelembaban relatif (RH).

Gambar isoterm sorpsi lembab (ISL) dapat menggambarkan kandungan air yang dimiliki bahan tersebut sebagai keadaan kelembaban relatif ruang tempat penyimpanan, dan bentuk ini khas untuk setiap bahan/ikan.

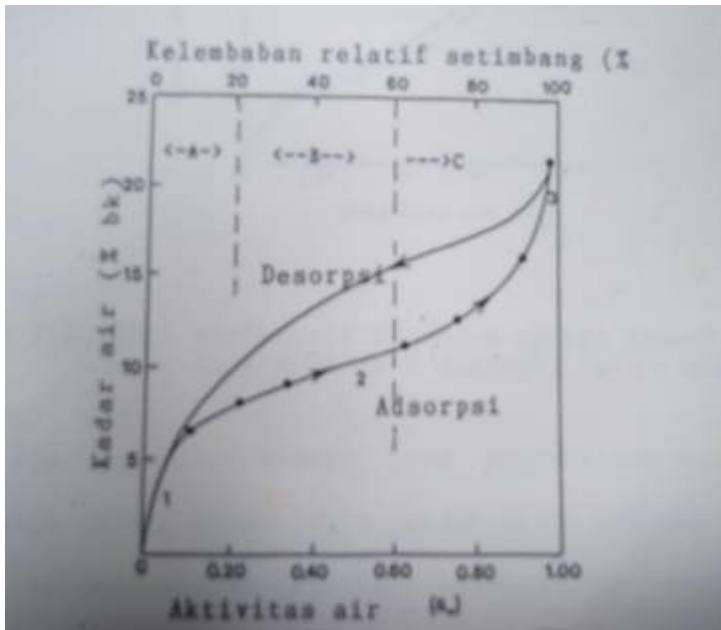


**Biokimia Hasil Perairan. 2012**

## 2.2. Cara membuat grafik ISL ikan

1. Sampel/ikan dalam jumlah kecil diletakkan pada beberapa ruang yang RHnya tetap atau konstan (RH *equilibrium*) (misalnya dalam desikator yang mengandung larutan garam-garam jenuh seperti :
  - a. litium clorida (LiCl) dengan RH = 11 %,
  - b. magnesium clorida (MgCl<sub>2</sub>) dengan RH 32 %,
  - c. natrium clorida (NaCl) dengan RH 75 %
  - d. kalium clorida (KCl) dengan RH 97 %,
2. Dibiarkan beberapa lama sampai terjadi keseimbangan (*equilibrium*) antara bahan dengan lingkungannya pada suhu tertentu.
3. Dilakukan analisis kadar air bahan/ikan dengan metode gravimetri, sehingga diperoleh hubungan antara kadar air bahan dengan RH dalam keadaan seimbang seperti gambar 5.





Gambar 5. Desorpsi dan adsorpsi kadar air bahan dengan kelembaban relatif seimbang (%).

*Relatif humidity* (RH) sama dengan *water activity* (aw) dengan kata lain kelembaban udara sama dengan air bebas bahan. Definisi kadar air adalah perbedaan antara berat bahan sebelum dan sesudah dilakukan pemanasan. Setiap bahan bila diletakkan dalam udara terbuka, maka kadar airnya akan mencapai keseimbangan dengan kelembaban udara di sekitarnya. Kadar air bahan ini disebut dengan kadar air seimbang.

Setiap kelembaban relatif tertentu dapat menghasilkan kadar air seimbang tertentu pula. Dengan demikian dapat dibuat hubungan antara kadar air seimbang dengan kelembaban relatif.

$$RH = a_w \times 100$$

$$a_w = RH/100$$

$$a_w = 0,8$$

$$RH = 0,8 \times 100$$

$$RH = 80 \%$$

Adapun tujuan mengetahui grafik ISL bahan/ikan adalah untuk memprediksi umur simpan bahan/ikan, apakah bahan atau ikan yang disimpan pada temperatur tertentu kemungkinan akan diserang oleh bakteri maupun jamur pada suhu tertentu dan RH atau  $a_w$  tertentu pula.

Pada Ikan segar kadar air merupakan salah satu parameter atau indikator kesegaran ikan, dimana semakin banyak kadar air atau mendekati kadar air normalnya ikan segar yaitu 70 – 80 %, maka semakin

segar ikan tersebut, kalau kurang, maka ikan segar telah mengalami dehidrasi atau pengeringan, sehingga tidak segar lagi.

Untuk proses pembekuan ikan yaitu pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  kandungan air pada ikan belum mengalami pembekuan/membeku, yang membeku baru sebagian kecil air permukaan, tetapi bila ikan diletakan pada suhu  $-1,1^{\circ}\text{C}$  yang membeku baru air permukaan tubuh ikan yaitu air bebas, selanjutnya jika suhu diturunkan pada  $-8^{\circ}\text{C}$ , maka baru 90 % kandungan air membeku dan jika suhu diturunkan menjadi  $-24$  sampai  $-40^{\circ}\text{C}$  maka seluruh jaringan air, baik air terikat maupun air bebas akan membeku 100 %.

### **2.3. Prinsip Penentuan kadar air ikan.**

1. Prinsip penentuan kadar air dengan menggunakan metode oven pengering bahwasannya air yang terkandung dalam suatu bahan atau ikan akan menguap bila bahan tersebut dipanaskan pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama waktu tertentu. Perbedaan antara berat

sebelum dan sesudah dipanaskan adalah kadar air.  
(Astuti. 2010)

2. Pengukuran kadar air total dilakukan dengan metode gravimetri (metode oven). Sampel sebanyak 1-2 gram ditimbang pada cawan yang sudah diketahui bobotnya, lalu dikeringkan pada oven suhu 105° C selama 3 jam. Setelah itu didinginkan dalam eksikator dan ditimbang beratnya hingga diperoleh bobot tetap. Perhitungan kadar air diperoleh dengan membandingkan bobot sampel sebelum dikeringkan dan bobot yang hilang setelah dikeringkan ditimbang beratnya (gram) dan selanjutnya dikeringkan lagi sampai didapat berat konstan (X gram).
3. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan adalah merupakan banyak air yang diuapkan.
4. Kadar air bahan/ikan adalah selisih berat dibagi berat awal x 100 %.

## 2.4. Prosedur penentuan kadar air

Cawan aluminium dibersihkan dan dipanaskan dalam oven lalu di timbang sebagai bobot kosong (a). Contoh atau sampel/ikan yang telah dihomogenkan di timbang sebanyak 1-3 gram dalam cawan dan dinyatakan sebagai bobot awal (b), kemudian cawan tersebut dimasukkan ke dalam oven suhu 105° C selama 3-5 jam. Setelah proses pengeringan, cawan dikeluarkan dari oven dan dimasukkan ke dalam desikator, dan setelah dingin ditimbang kembali sampai diperoleh bobot tetap/berat konstan sebagai bobot akhir (c).

$$\text{Kadar air} = \frac{b - c}{b - a} \times 100\%$$

Keterangan :

- a. Bobot cawan kosong
- b. Berat cawan dan contoh/ikan sebelum dioven
- c. Berat cawan dan contoh/ikan setelah dioven.



Gambar 6. Alat-alat untuk analisa kadar air seperti a. botol timbang dan b, cawan penguap, c. timbangan digital, d. eksikator, e. Oven pemanas.

### BAB 3. PROTEIN DAN ASAM AMINO



**Gambar 7. Molekul protein**

Protein berasal dari kata *protos* bahasa Yunani berarti "yang paling utama" adalah senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida. Molekul protein mengandung karbon (atom C), hidrogen (atom H), oksigen (atom O), nitrogen (atom N) yang merupakan ciri utama dari protein yang tidak dimiliki oleh lemak dan karbohidrat serta kadang kala ada juga mengandung sulfur (atom S) serta fosfor (atom P).

Protein berperan penting dalam struktur dan fungsi semua sel makhluk hidup dan virus.

Kebanyakan protein merupakan enzim atau sub unit enzim. Jenis protein lain berperan dalam fungsi struktural atau mekanis, seperti misalnya protein yang membentuk batang dan sendi skeleton. Protein terlibat dalam sistem kekebalan (*imun*) sebagai antibodi, sistem kendali dalam bentuk hormon, sebagai komponen penyimpanan (dalam biji) dan juga dalam transportasi hara. Sebagai salah satu sumber gizi, protein berperan sebagai sumber asam amino bagi organisme yang tidak mampu membentuk asam amino tersebut (*heterotrof*).

Protein merupakan salah satu dari biomolekul raksasa, selain polisakarida, lipid, dan polinukleotida, yang merupakan penyusun utama makhluk hidup. Selain itu, protein merupakan salah satu molekul yang paling banyak diteliti dalam biokimia. Protein ditemukan oleh Jöns Jakob Berzelius pada tahun 1838. Protein adalah salah satu bio-makromolekul yang penting peranannya dalam makhluk hidup. Fungsi dari protein itu sendiri



secara garis besar dapat dibagi ke dalam dua kelompok besar, yaitu sebagai bahan struktural dan sebagai mesin yang bekerja pada tingkat molekular.

## **I. Klasifikasi Protein**

Berdasarkan bentuknya protein dikelompokkan sebagai berikut:

### **A. Protein bentuk serabut (*fibrous*)**

Protein ini terdiri atas beberapa rantai peptida berbentuk spiral yang terjalin satu sama lain sehingga menyerupai batang yang kaku. Karakteristik protein berbentuk serabut adalah rendahnya daya larut, mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi untuk tahan terhadap enzim pencernaan. Kolagen merupakan protein utama jaringan ikat. Elastis terdapat dalam urat, otot, arteri (pembuluh darah) dan jaringan elastis lain. Keratini adalah protein rambut dan kuku serta miosin merupakan protein utama serat otot.

### **B. Protein globuler**

Berbentuk bola terdapat dalam cairan jaringan tubuh. Protein ini larut dalam larutan garam dan encer,

mudah berubah dibawah pengaruh suhu, konsentrasi garam dan mudah denaturasi. Albumin terdapat dalam telur, susu, plasma, dan hemoglobin. Globulin terdapat dalam otot, serum, kuning telur, dan gizi tumbuh-tumbuhan. Histon terdapat dalam jaringan-jaringan seperti timus dan pancreas. Protamin dihubungkan dengan asam nukleat.

### **C. Protein konjugasi**

Protein konjugasi merupakan protein sederhana yang terikat dengan bahan-bahan non-asam amino. Nukleoprotein terdapat dalam inti sel dan merupakan bagian penting DNA dan RNA. Nukleoprotein adalah kombinasi protein dengan karbohidrat dalam jumlah besar. Lipoprotein terdapat dalam plasma-plasma yang terikat melalui ikatan ester dengan asam fosfat seperti kasein dalam susu. Metaloprotein adalah protein yang terikat dengan mineral seperti feritin dan hemosiderin adalah protein dimana mineralnya adalah zat besi, tembaga dan seng.

## **II. Protein Ikan**

Ikan mengandung protein antara 14-20 % dari berat tubuh ikan, terdapat pada daging, sirip, kulit, enzim, hormon, darah, hati dan isi perut. Protein pada ikan ada 3 jenis dan berdasarkan kelarutannya yaitu :

### **1. Protein sarkoplasmik (protein cairan sel 65-75 %)**

Merupakan kandungan protein ikan yang mengandung bermacam-macam protein yang larut dalam air yang disebut miogen. Protein ini terdiri dari albumin dan mioalbumin.

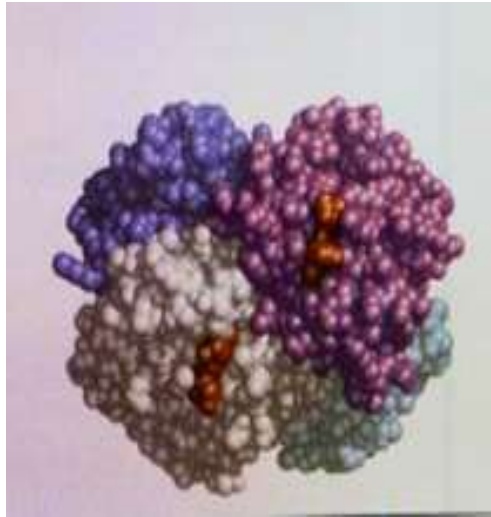
### **2. Protein myofibril (protein kontraktile 20-30 %).**

Protein kontraktile juga dikenal sebagai protein motil, di dalam sel organisme protein ini berperan untuk bergerak seperti aktin dan myosin. Kedua protein ini merupakan filament yang berfungsi untuk bergerak di dalam sistem kontraktile dan otot kerangka. Contoh lainnya adalah tubulin pembentuk mikrotubul merupakan zat utama penyusun flagel dan silia yang menggerakkan sel.

### **3. Protein stroma (protein jaringan pengikat 1-3 %)**

Protein stroma merupakan bagian terkecil dari protein yang membentuk jaringan ikat. Protein ini tidak dapat diekstrak dengan air, larutan asam, alkali ataupun garam. Protein stroma terdiri dari kolagen dan elastin, keduanya merupakan protein yang berdarat di bagian luar otot, terutama daging merah yang terdapat disepanjang tulang ikan bagian dalam.

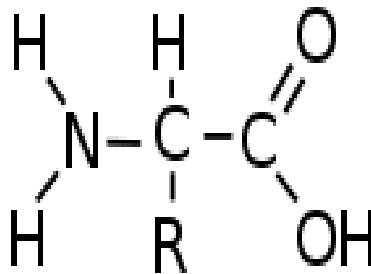
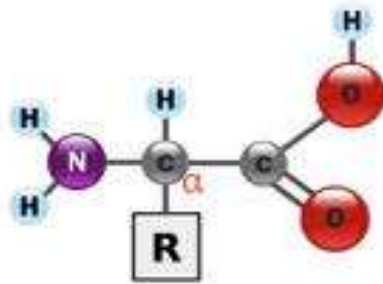
Molekul protein ini sangat vital untuk kehidupan organisme dan terdapat di semua sel, Protein merupakan polimer yang disusun oleh 20 macam asam amino, dimana rantai asam amino dihubungkan dengan ikatan kovalen yang spesifik. Struktur dan fungsi ditentukan oleh kombinasi, jumlah dan urutan asam amino, serta sifat fisik dan kimiawi sangat dipengaruhi oleh asam amino penyusunnya.



**Gambar 8. Protein**

Protein tersusun oleh asam-asam amino, merupakan unit penyusun protein dengan Struktur:

1. satu atom C sentral yang mengikat secara kovalen :
2. gugus amino,
3. gugus karboksil,
4. satu atom H dan
5. rantai samping (gugus R)



**Gambar 9. Rumus asam amino**

Gugus R adalah rantai samping yang berbeda-beda pada setiap jenis asam amino. Gugus R yang berbeda-beda tersebut menentukan:

- Struktur
- Ukuran
- Muatan elektrik
- Sifat kelarutan di dalam air

Asam amino yang menyusun protein organisme ada 20 macam disebut sebagai **asam amino** yaitu asam

amino essensial dan non essensial. Ikan banyak mengandung asam amino essensial yang menyebabkan protein ikan bermutu tinggi dibanding daging lainnya. Asam amino essensial adalah asam amino yang sangat dibutuhkan oleh tubuh tapi tubuh sendiri tidak mampu untuk memproduksi sehingga harus didatangkan dari luar berupa makanan. Asam amino essensial tersebut yaitu :

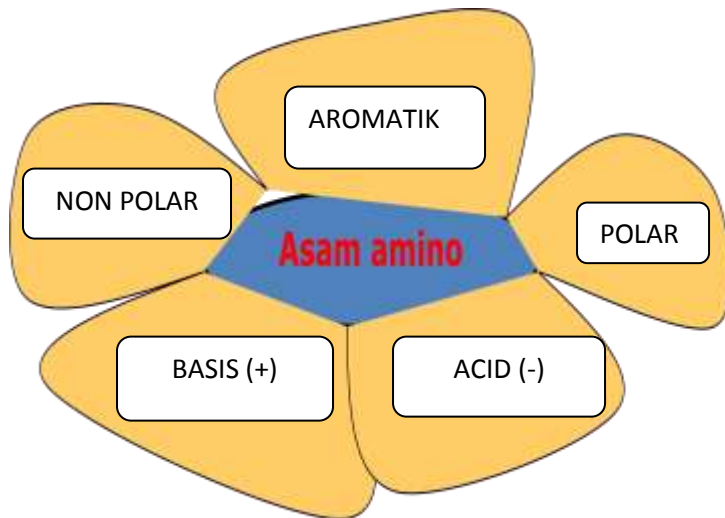
- arginin,
- sistin,
- histidin,
- isoleusin,
- leusin,
- lisin,
- methionin,
- fennilalanin,
- threonin,
- thriptopan,
- tirosin dan
- valin.

### III. Klasifikasi Asam amino

#### 1. Asam amino essensial

Diklasifikasikan berdasar gugus R (*rantai samping*)

- Biasanya sifat-sifat seperti: hidrofobik/hidrofilik, polar/non polar, ada/tidaknya gugus terionisasi.



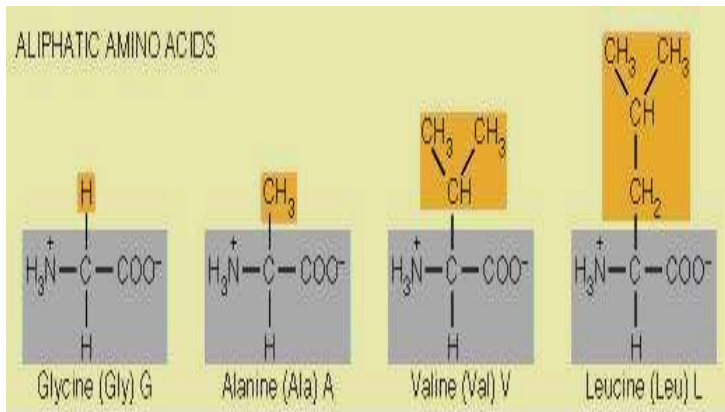
**Gambar 10. Klasifikasi asam amino**

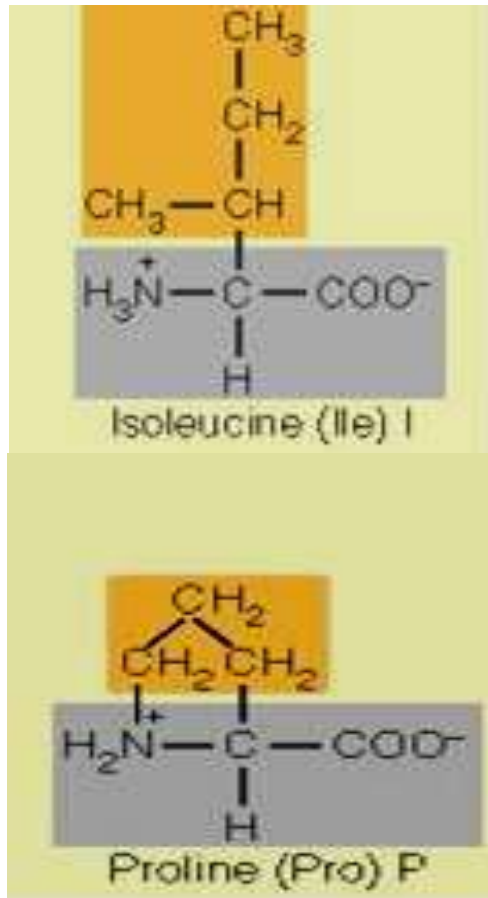
#### a. Asam amino non polar atau asam amino sulit larut dalam air

- Memiliki gugus R alifatik.



- Glisin, alanin, valin, leusin, isoleusin dan prolin
- Bersifat hidrofobik. Semakin hidrofobik suatu asam amino seperti Ile (I) → biasa terdapat di bagian dalam protein.
- Prolin berbeda dengan asam amino → siklis. Tapi mempunyai banyak kesamaan sifat dengan kelompok alifatis ini.
- Umum terdapat pada protein yang berinteraksi dengan lipid

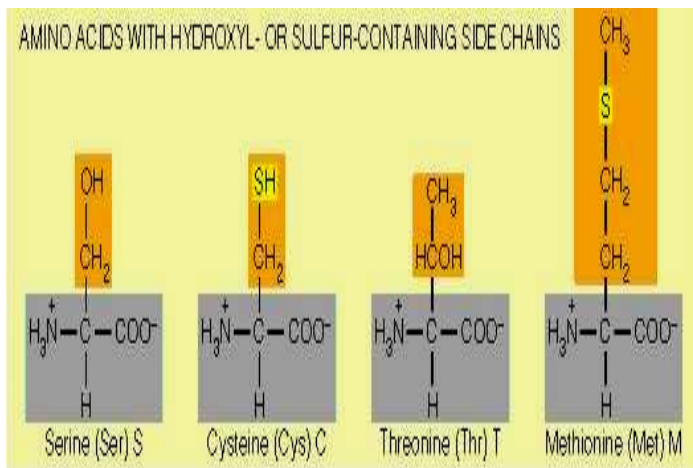


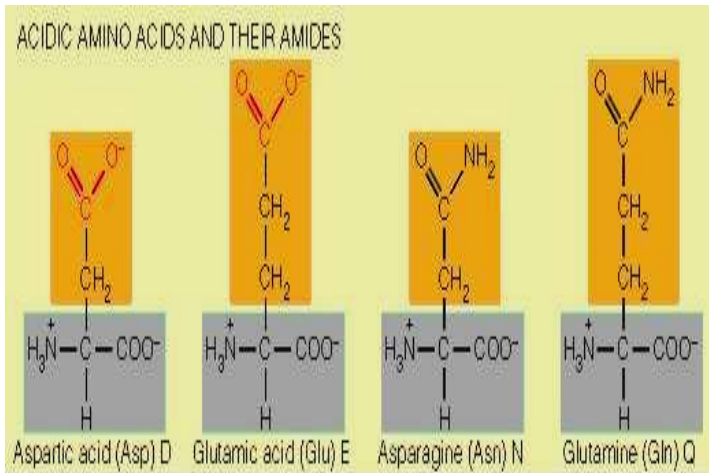


### b. Asam amino polar

- Memiliki gugus R yang tidak bermuatan
- Serin, threonin, sistein, metionin, asparagin, glutamin

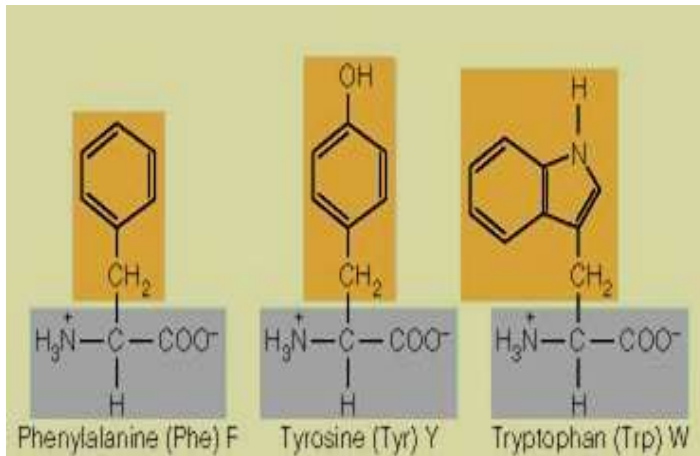
- Bersifat hidrofilik → mudah larut dalam air
- Cenderung terdapat di bagian luar protein
- Sistein berbeda dengan yang lain, karena gugus R terionisasi pada pH tinggi ( $\text{pH} = 8.3$ ) sehingga dapat mengalami oksidasi dengan sistein membentuk ikatan disulfide
- $(-\text{S}-\text{S}-)$  → sistin





### c. Asam amino dengan gugus R aromatik

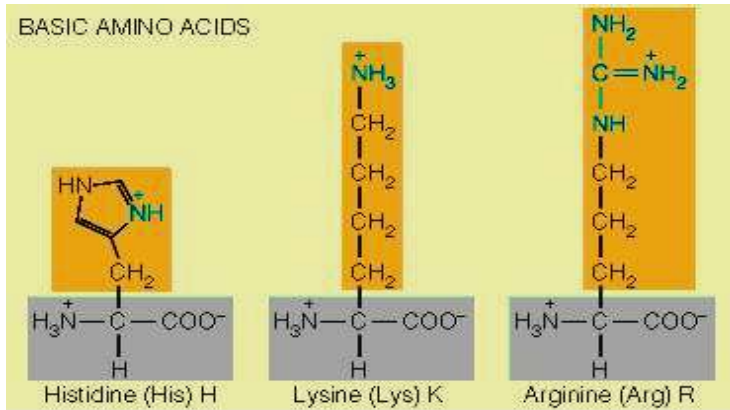
- Fenilalanin, tirosin dan triptofan
- Bersifat relatif non polar → hidrofobik
- Fenilalanin bersama dengan V, L dan I → asam amino paling hidrofobik
- Tirosin → gugus hidroksil, triptofan → cincin indol



#### d. Asam amino dengan gugus R bermuatan positif

- Lisin, arginin, dan histidin
- Mempunyai gugus yang bersifat basa pada rantai sampingnya
- Bersifat polar → terletak di permukaan protein dapat mengikat air.
- Histidin mempunyai muatan mendekati netral (pada gugus imidazol) dibanding
  - lisin → gugus amino
  - arginin → gugus guanidino
- Karena histidin dapat terionisasi pada pH mendekati pH fisiologis → sering berperan dalam

reaksi enzimatis yang melibatkan pertukaran proton



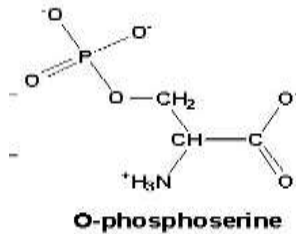
#### e. Asam amino dengan gugus R bermuatan negatif

- Aspartat dan glutamat mempunyai gugus karboksil pada rantai sampingnya bermuatan (-) / acid pada pH 7

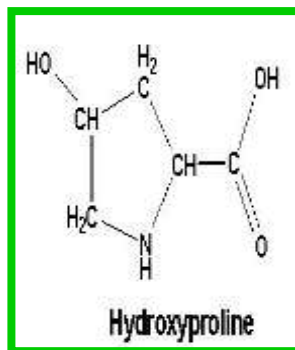
#### 2. Asam amino non essensial

- Merupakan asam amino di luar 20 macam asam amino essensial
- Terjadi karena modifikasi yang terjadi setelah suatu asam amino essensial menjadi protein.

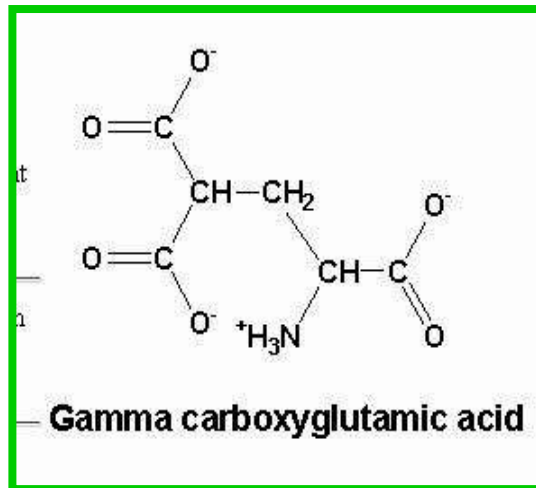
- Kurang lebih 300 asam amino non essensial dijumpai pada sel



- modifikasi serin yang mengalami fosforilasi oleh protein kinase

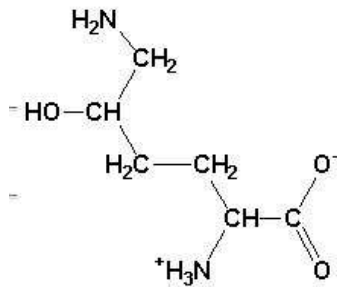
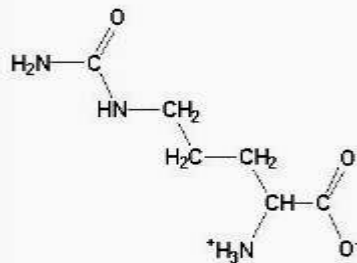
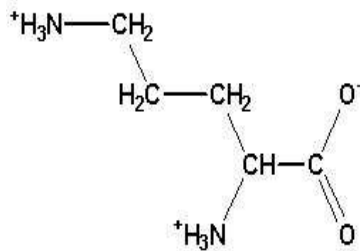


- modifikasi prolin dalam proses modifikasi posttranslasi, oleh prokolagen prolin hidroksilase.
- ditemukan pada kolagen untuk menstabilkan struktur



- dari modifikasi glutamat oleh vitamin K.
- $\gamma$  karboksi glutamat mampu mengikat Ca yang penting untuk penendalian darah.
- ditemukan pada protein protombin



**Hydroxylysine****Citrulline****L-Ornithine**

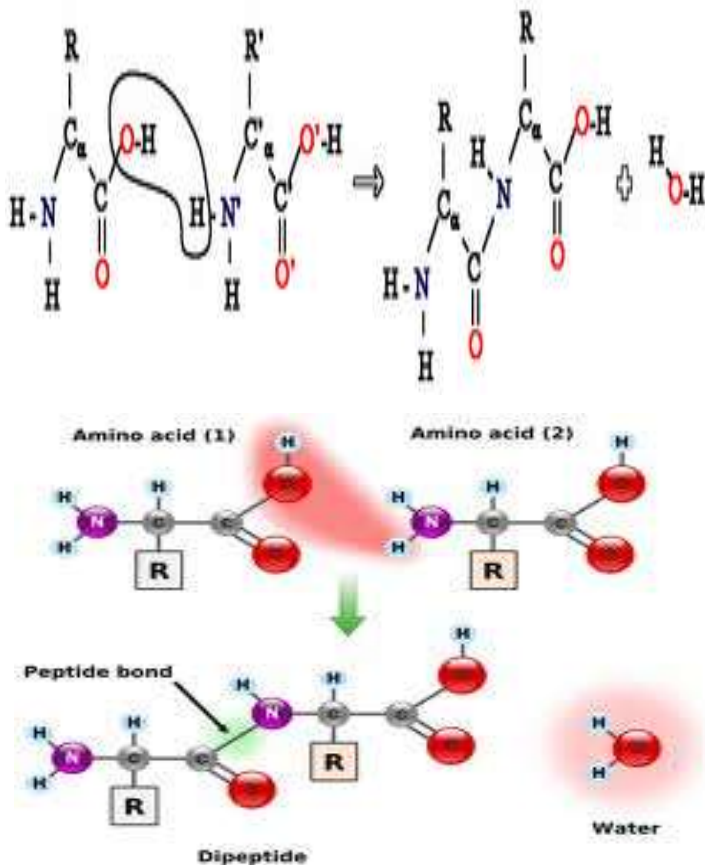
- Modifikasi lisin, terdapat di kolagen dan miosin (protein kontraksi pada otot) dan berperan untuk sisi terikatnya polisakarida
- Beberapa ditemukan asam amino non esensial yang tidak menyusun protein, merupakan senyawa antara metabolisme (biosintesis arginin dan urea)

#### IV. Ikatan Peptida

Ikatan peptida merupakan ikatan yang terbentuk ketika atom karbon pada gugus karboksil suatu molekul berbagi elektron dengan atom nitrogen pada gugus amina molekul lainnya. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi kondensasi, hal ini ditandai dengan lepasnya molekul air ketika reaksi berlangsung. Hasil dari ikatan ini merupakan ikatan CO-NH, dan menghasilkan molekul yang disebut **amida**.

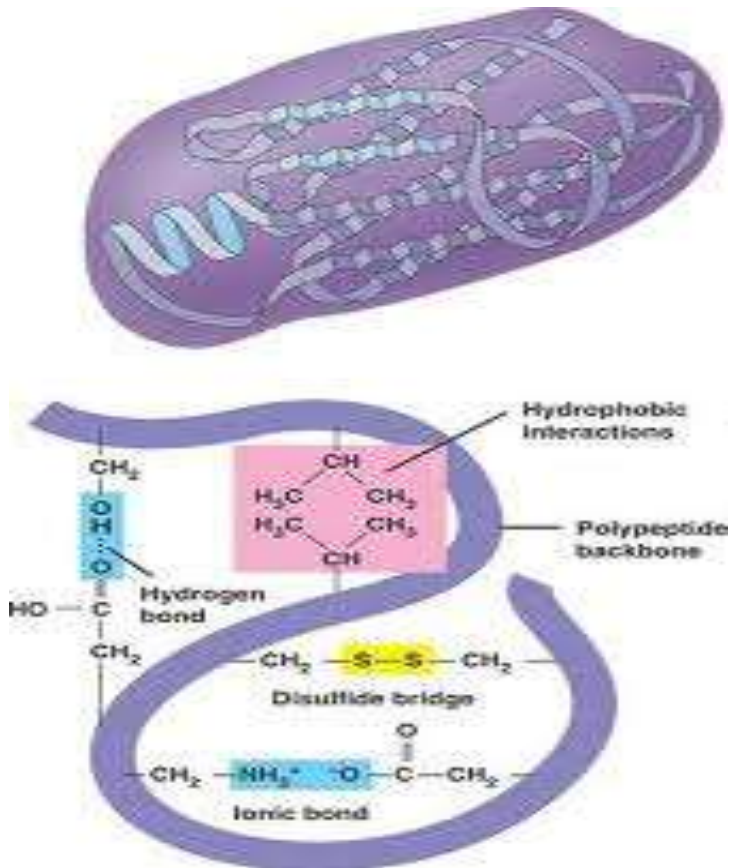
Dua molekul asam amino dapat saling berikatan membentuk ikatan kovalen melalui suatu ikatan amida yang disebut dengan ikatan peptida. Ikatan kovalen ini terjadi antara gugus karboksilat dari satu asam amino dengan gugus  $\alpha$  amino dari molekul asam amino lainnya

dengan melepas molekul air. Secara sederhana mekanisme reaksi pembentukan ikatan kovalen dapat dilihat Gambar 6.



Gambar 11. Ikatan peptida

Tiga molekul asam amino dapat bergabung membentuk dua ikatan peptida, begitu seterusnya sehingga dapat membentuk rantai polipeptida.



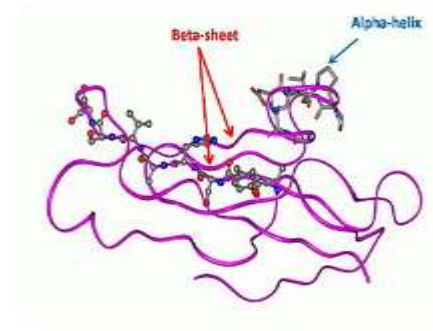
Gambar 12. Rantai Polipeptida

## V. Struktur Protein

Struktur protein dapat di lihat sebagai hirarki, yaitu berupa struktur *primer* (tingkat satu), *sekunder* (tingkat dua), *tersier* (tingkat tiga), dan *kuartener* (tingkat empat). Struktur primer protein merupakan urutan asam amino penyusun protein yang dihubungkan melalui ikatan peptida (amida). Sementara itu, struktur sekunder protein adalah struktur tiga dimensi dari berbagai rangkaian asam amino pada protein yang distabilkan oleh ikatan hidrogen. Berbagai bentuk struktur sekunder misalnya ialah sebagai berikut:

- *alpha helix* ( $\alpha$ -*helix*, "puntaran-alfa"), berupa pilinan rantai asam-asam amino berbentuk seperti spiral;
- *beta-sheet* ( $\beta$ -*sheet*, "lempeng-beta"), berupa lembaran-lembaran lebar yang tersusun dari sejumlah rantai asam amino yang saling terikat melalui ikatan hidrogen atau ikatan tiol (S-H);
- *beta-turn*, ( $\beta$ -*turn*, "lekukan-beta"); dan

- *gamma-turn*, ( $\gamma$ -turn, "lekukan-gamma").  
(Wikipedia, 2009).

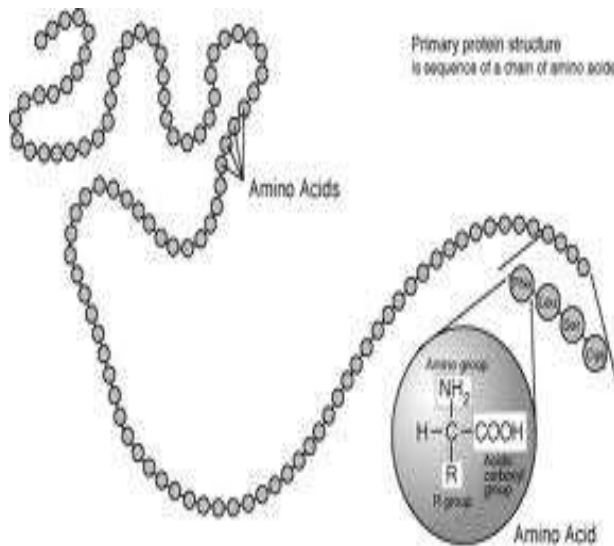


**Gambar 13. Struktur protein**

Protein memiliki empat tingkatan struktur yang bersifat hirarki. Artinya, protein disusun setahap demi setahap dan setiap tingkatan tergantung dari tahapan di bawahnya.

1. **Struktur primer** adalah rantai polipeptida sebuah protein adalah susunan atau urutan bagaimana asam-asam amino disatukan dan susunan ini mencakup lokasi setiap ikatan disulfida. Struktur primer dapat digambarkan sebagai rumus bangun yang biasa ditulis untuk senyawa organik. Urutan macam, dan jumlah

asam amino yang membentuk rantai polipeptida adalah struktur primer protein.



**Gambar 14. Struktur primer protein**

2. **Struktur sekunder** adalah protein bersifat reguler, pola lipatan berulang dari rangka protein. Dua pola terbanyak adalah alpha helix dan beta sheet. Analisis difraksi sinar-X merupakan cara yang baik untuk mempelajari struktur protein serabut. Struktur ini terjadi karena ikatan hidrogen antara atom O dari gugus karbonil (C=O) dengan atom H dari gugus

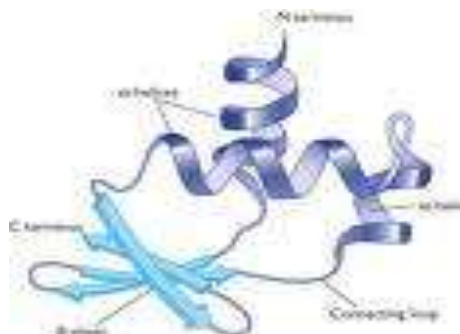
amino (N-H) dalam satu rantai polipeptida, memungkinkan terbentuknya konformasi spiral yang disebut struktur *helix*. Bila ikatan hidrogen tersebut terjadi di antara dua rantai polipeptida, maka masing-masing rantai tidak membentuk *helix*, melainkan rantai paralel polipeptida dengan konformasi-  $\beta$ . Rantai polipeptida dengan konformasi-  $\beta$  ini dihubungkan silangkan (*cross-linked*) oleh ikatan hydrogen sehingga membentuk struktur yang disebut lembaran berlipat-lipat (*pleated sheets*).



Gambar 15. Struktur skunder protein



3. **Struktur tersier** adalah lipatan secara keseluruhan dari rantai polipeptida sehingga membentuk struktur 3 dimensi tertentu. Sebagai contoh, struktur tersier enzim sering padat, berbentuk globuler. Struktur tersier terbentuk karena terjadinya perlipatan (*folding*) rantai  $\alpha$ -helix, konformasi  $\beta$ , maupun gulungan rambang suatu polipeptida, membentuk protein globular, yang struktur tiga dimensinya lebih rumit daripada protein serabut. Dengan menggunakan berbagai cara difraksi sinar-x yang teliti, beberapa protein telah dapat ditentukan struktur tersiernya, seperti misalnya, hemoglobin, mioglobin, lisozim, ribonuklease, dan kimotripsinogen (Wirahadikusumah, 1989).



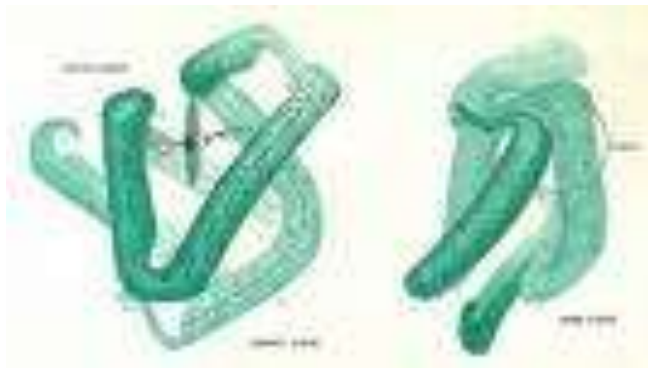
**Gambar 16. Struktur tertier protein**

Dari hasil penelitian didapatkan beberapa fakta mengenai struktur tiga dimensi mioglobin sebagai berikut:

- a. Molekul sangat kompak, dan di bagian dalamnya terdapat suatu ruangan yang cukup untuk empat molekul air.
- b. Semua gugus R mengutub dari asam aminonya berlokasi di bagian permukaan molekul.
- c. Gugus R yang tak mengutub dari asam aminonya terdapat di bagian dalam, sehingga tersembunyi dari larutan medium di luar.
- d. Residu prolin hanya terdapat pada bagian rantai yang membengkok, yang juga mengandung sisa asam amino yang tak dapat membentuk  $\alpha$ -helix seperti isoleusin dan serin.
- e. Konformasi umumnya sama dengan molekul mioglobin pada hewan menyusui.

4. **Struktur kuaternair** adalah beberapa protein tersusun atas lebih dari satu rantai polipeptida. Struktur kuartener menggambarkan subunit-subunit

yang berbeda dipak bersama-sama membentuk struktur protein. Sebagian besar protein berbentuk globular yang mempunyai berat molekul lebih dari 50.000 merupakan suatu oligomer, yang terjadi dari beberapa rantai polipeptida yang terpisah. Rantai polipeptida ini juga disebut protomer saling mengadakan interaksi membentuk struktur kuartener dari protein oligomer tersebut. (Wirahadikusumah, 1989).



**Gambar 17. Struktur kuartener protein.**

## **VI. Sifat protein ikan**

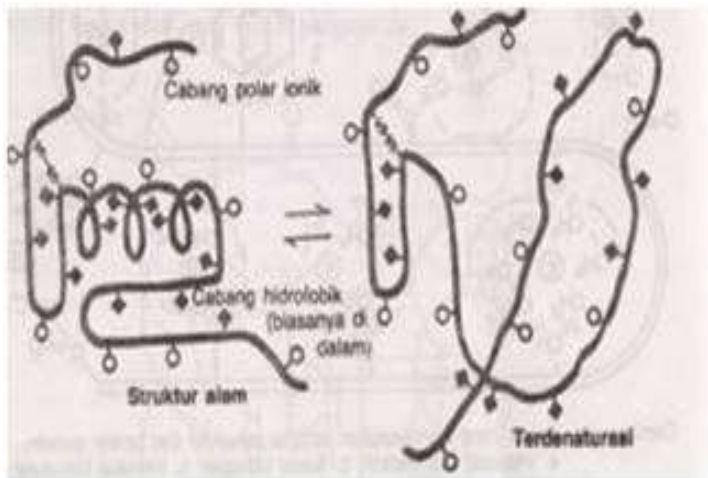
Sifat protein ikan sangat mudah mengalami kerusakan akibat proses pengolahan seperti pengaruh panas, asam, basa yang ekstrim dan benturan fisik, kation logam berat dan penambahan garam jenuh sehingga protein mengalami :

- Denaturasi yaitu berubahnya struktur protein dari struktur kuartener ke tertier ke skunder dan primer sehingga keadaan ini memudahkan enzim pencernaan, baik bakteri maupun manusia untuk menyerapnya menjadi asam amino.
- Denaturasi protein terjadi bila susunan ruang atau rantai polipeptida suatu molekul protein berubah. Sebagian besar protein globuler mudah mengalami denaturasi. Jika ikatan-ikatan yang membentuk konfigurasi molekul tersebut rusak, molekul akan mengembang. Kadang-kadang perubahan ini memang dikehendaki dalam pengolahan makanan, tetapi sering pula dianggap merugikan sehingga perlu dicegah. Ada dua

macam denaturasi, yaitu 1) Pengembangan polipeptida dan 2) Pemecahan protein menjadi unit yang lebih kecil tanpa disertai pengembangan molekul. Terjadinya kedua jenis denaturasi ini tergantung pada keadaan molekul.

1. Terjadi pada rantai polipeptida, sedangkan
2. Terjadi pada bagian-bagian molekul yang tergabung dalam ikatan sekunder.

- Ikatan-ikatan yang dipengaruhi oleh proses denaturasi ini adalah :
  - a. ikatan hidrogen,
  - b. ikatan hidrofobik misalnya pada leusin, valin, fenilalanin, triptofan yang saling berdekatan membentuk suatu micelle dan tidak larut dalam air,
  - c. ikatan ionik antara gugus bermuatan (+), (-),
  - d. ikatan intramolekuler seperti yang terdapat pada gugus disulfida dalam sistin.



**Gambar 18. Proses denaturasi protein**

Pemanasan dapat menyebabkan pemutusan ikatan hidrogen yang menopang struktur sekunder dan tersier suatu protein sehingga menyebabkan sisi hidrofobik dari gugus samping polipeptida akan terbuka. Hal ini menyebabkan kelarutan protein semakin turun dan akhirnya mengendap dan menggumpal peristiwa ini dinamakan koagulasi.

Perubahan pH yang sangat ekstrim akibat penambahan asam kuat atau basa kuat akan merusak interaksi ionik yang terbentuk antar gugus R polar dari

asam amino penyusun protein. Hal ini juga berakibat sama pada kerusakan struktur protein.

Kehadiran ion logam berat dapat memutuskan ikatan disulfida (S-S) yang menstabilkan lekukan-lekukan yang dibentuk oleh polipeptida dalam membangun struktur protein, seperti pada Gambar 17.

- Denaturasi dapat diartikan suatu perubahan atau modifikasi terhadap struktur sekunder, tersier, dan kuartener terhadap molekul protein, tanpa terjadinya pemecahan ikatan-ikatan kovalen. Karena itu denaturasi dapat pula diartikan suatu proses terpecahnya ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, ikatan garam, dan terbukanya lipatan molekul.
- Pemekaran atau pengembangan lipatan molekul protein yang terdenaturasi akan membuka gugus reaktif yang ada pada rantai polipeptida, selanjutnya akan terjadi pengikatan kembali pada gugus reaktif yang sama atau berdekatan. Bila unit ikatan yang terbentuk cukup banyak sehingga protein tidak lagi terdispersi sebagai

suatu koloid, maka protein tersebut mengalami koagulasi. Apabila ikatan-ikatan pada gugus-gugus reaktif protein tersebut menahan seluruh cairan, akan terbentuklah gel. Sedangkan bila cairan terpisah dari protein yang terkoagulasi itu, protein akan mengendap.

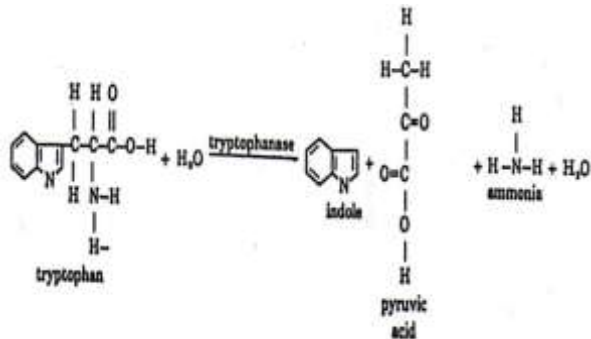
- Protein yang terdenaturasi berkurang kelarutannya. Lapisan molekul protein bagian dalam yang bersifat hidrofobik berbalik ke luar, sedangkan bagian luar yang bersifat hidrofil terlipat ke dalam. Pelipatan atau pembalikan terjadi khususnya bila larutan protein telah mendekati pH isoelektrik, dan akhirnya protein akan menggumpal dan mengendap. Viskositas akan bertambah karena molekul mengembang dan menjadi asimetrik, demikian juga sudut putaran optik larutan protein akan meningkat. Enzim-enzim yang gugus prostetiknya terdiri dari protein akan kehilangan aktivitasnya sehingga tidak berfungsi lagi sebagai enzim yang aktif.
- Denaturasi protein dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu oleh panas, pH ekstrim, bahan



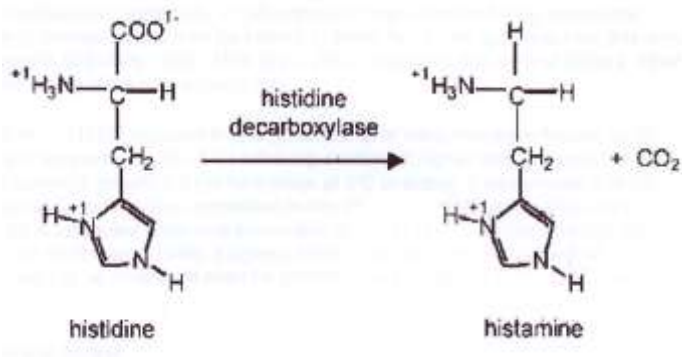
kimia, mekanik, beberapa pelarut organik seperti alkohol atau aseton, urea, deterjen, dan lain-lain. Masing-masing cara mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap denaturasi protein. Senyawa kimia seperti urea dan garam dapat memecah ikatan hidrogen yang pada akhirnya menyebabkan denaturasi protein. Dengan cara tersebut, urea dan garam dapat memecah interaksi hidrofobik dan meningkatkan daya kelarutan gugus hidrofobik dalam air. Deterjen atau sabun dapat menyebabkan denaturasi protein karena senyawa ini dapat membentuk jembatan antara gugus hidrofobik dengan hidrofilik sehingga praktis terdenaturasi.

- Terlalu panas yang tinggi protein menjadi rusak seperti penurunan cita rasa, nilai gizi dan gosong.
- Akibat panas yang tinggi juga terjadi oksidasi asam amino serta perubahan ikatan asam amino menjadi ikatan asam amino baru.
- Kerusakan lain berupa degradasi berupa pemecahan protein berlanjut menjadi molekul-molekul sederhana seperti pepton, peptida,

amoniak, histamin,  $\text{H}_2\text{S}$ , indol dan senyawa busuk lainnya.



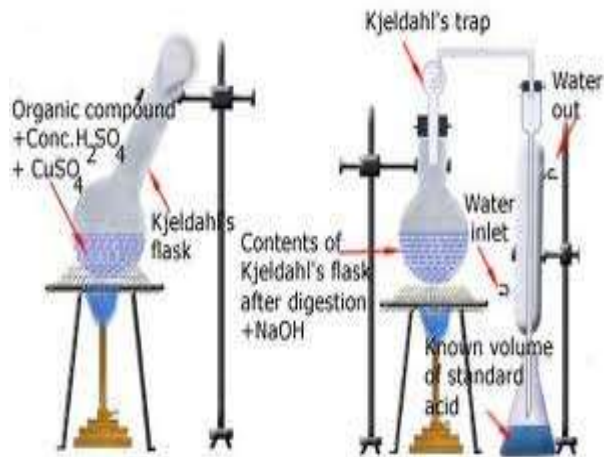
Gambar 19. Proses perombakan asam amino trytophan menjadi indols, asam pyruvat dan amoniak.



Gambar 20. Proses perombakan asam amino histidin menjadi histamin.

## **VII. Analisis kuantitatif protein**

- Cara kjeldahl merupakan analisis kasar kadar protein pada ikan
- Bahan/ikan didekstruksi dengan asam sulfat pekat menggunakan katalis selenium oksiclorida.
- Amoniak yang terjadi ditampung dan dititrasi dengan indikator
- Hasil analisis dikalikan dengan angka konversi 6,25.



Gambar.21. Alat kjeldahl dan titrasi untuk analisis protein kasar

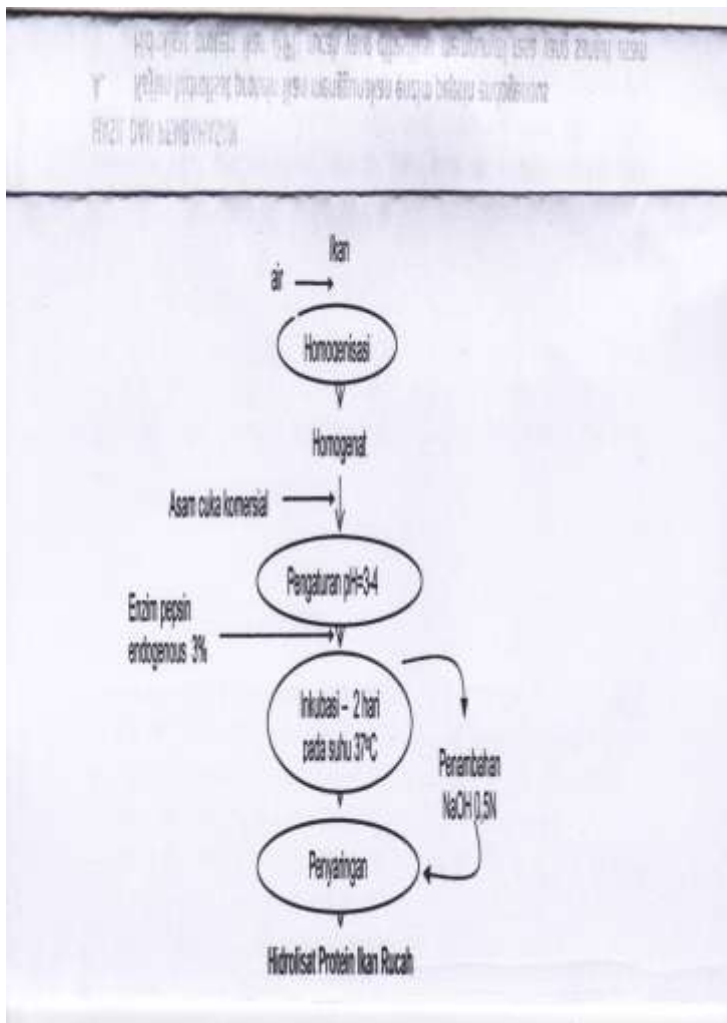
### **VIII. Ekstraksi protein**

- Disebut Konsentrat Protein Ikan (fish consenrat protein).
- Hidrolisat protein ikan (HPI) adalah produk cairan yang dibuat dari ikan dengan penambahan enzim proteolitik untuk mempercepat hidrolisis dalam kondisi terkontrol dengan hasil akhir berupa campuran komponen protein (Pigott dan Tucker, 1990).
- HPI merupakan pengembangan dari proses pembuatan konsentrat protein ikan. Konsentrat protein ikan masih mempunyai sifat fungsional yang rendah. Sementara itu, HPI sifat fungsionalnya lebih tinggi, sehingga lebih luas pemanfaatannya. Hidrolisat protein dari ikan lebih bagus dibandingkan dari sumber hewani lainnya, karena komposisi protein cukup lengkap. Oleh karena itu, dapat

meningkatkan mutu produk akhir HPI (Hadiwiyoto, 1993).

- Bahan dasar adalah ikan rucah yang masih segar diambil dari Tempat Pelelangan Ikan.
- Selanjutnya dicuci bersih di bawah air mengalir disimpan ke dalam freezer sampai akan digunakan percobaan.
- Bahan-bahan lain yaitu etanol, NaCl,  $\text{NaHCO}_3$  serta bahan kimia dengan standar pro analisis untuk keperluan analisis.
- Tahap pertama melakukan pembuatan hidrolisat protein ikan dengan penambahan enzim pepsin (ekstrak kasar diambil dari isi perut ikan/enzim endogenous).
- Tahap kedua melakukan aplikasi HPI ke biskuit. Adapun proses pembuatan hidrolisat protein ikan rucah adalah sebagai berikut : Mula-mula dipersiapkan ikan rucah dari berbagai jenis lalu dicuci dan ditiriskan.

- Selanjutnya, ikan rucah utuh dicacah lalu ditambahkan garam sebesar 10 % dari berat ikan dan ditambahkan air dengan perbandingan 2 : 3 (air : ikan rucah). Lalu diatur pH 3-4 dengan menambahkan asam asetat komersial sambil diaduk rata sampai homogen. Setelah itu, ke dalam homogenat ditambahkan enzim pepsin endogenous sebesar 3 % (b/b) setiap 500 g homogenat, lalu homogenat disimpan selama 48 jam pada suhu 37 °C.
- Proses terakhir dilakukan penyaringan untuk mendapatkan HPI. Setelah hidrolisat protein didapatkan,



**Gambar 22. Proses untuk pembuatan HPI**



## **IX. Fungsi Protein**

Menurut Winarno (2002), Protein mempunyai bermacam-macam fungsi bagi tubuh, yaitu sebagai enzim, zat pengatur pergerakan, pertahanan tubuh, alat pengangkut.

### **a. Sebagai enzim**

Hampir semua reaksi biologis dipercepat atau dibantu oleh suatu senyawa makromolekul spesifik yang disebut enzim; dari reaksi yang sangat sederhana seperti reaksi transportasi karbon dioksida sampai yang sangat rumit seperti reaksi kromosom. Hampir semua enzim menunjukkan daya kualitatif yang luar biasa, dan biasanya dapat mempercepat reaksi sampai beberapa juta kali. Sampai kini lebih dari seribu enzim telah dapat diketahui sifat-sifatnya dan jumlah tersebut terus bertambah. Protein besar peranannya terhadap perubahan-perubahan kimia dalam sistem biologis.

b. Alat pengangkut dan alat penyimpan

Banyak molekul dengan Berat molekul serta beberapa ion dapat diangkut atau dipindahkan oleh protein-protein tertentu. Misalnya hemoglobin mengangkut oksigen dalam eritosit, sedang mioglobin mengangkut oksigen dalam otot. Ion besi diangkut dalam plasma darah oleh transferin dan disimpan dalam hati sebagai kompleks dengan feritin, suatu protein yang berbeda dengan transferin.

c. Pengatur pergerakan

Protein merupakan komponen utama daging; gerakan otot terjadi karena adanya dua molekul protein yang saling bergeseran. Pergerakan flagella sperma disebabkan oleh protein.

d. Penunjang mekanis

Kekuatan dan daya tahan robek kulit dan tulang disebabkan adanya kolagen, suatu protein berbentuk bulat panjang dan mudah membentuk serabut.

e. Pertahanan tubuh/Imunisasi

Pertahanan tubuh biasanya dalam bentuk antibody, yaitu suatu protein khusus yang dapat mengenal dan menempel atau mengikat benda-benda asing yang masuk ke dalam tubuh seperti virus, bakteri, dan sel-sel asing lain. Protein dapat membedakan benda-benda yang menjadi anggota tubuh dengan benda-benda asing.

f. Media perambatan impuls syaraf

Protein yang mempunyai fungsi ini biasanya berbentuk reseptor; misalnya rodopsin, suatu protein yang bertindak sebagai reseptor/penerima warna atau cahaya pada sel-sel mata.

g. Pengendalian pertumbuhan

Protein ini bekerja sebagai reseptor (dalam bakteri) yang dapat mempengaruhi fungsi-fungsi bagain DNA yang mengatur sifat dan karakter bahan.

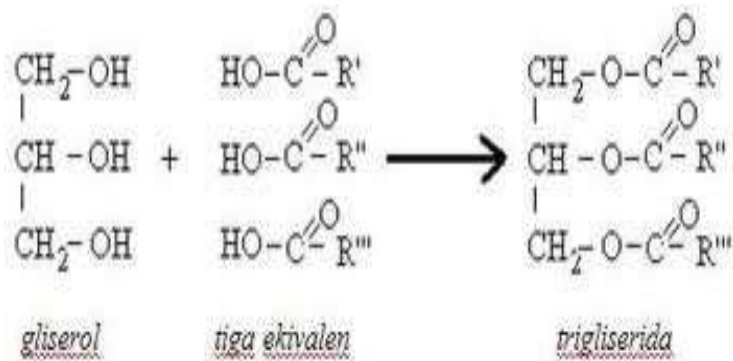
## **BAB 4. LEMAK DAN ASAM LEMAK**

Lemak dan minyak adalah salah satu kelompok yang termasuk pada golongan lipid, yaitu senyawa organik yang terdapat di alam serta tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik non-polar, misalnya dietil eter ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ ), Kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), benzena dan hidrokarbon lainnya, lemak dan minyak dapat larut dalam pelarut yang disebutkan di atas karena lemak dan minyak mempunyai polaritas yang sama dengan pelaut tersebut.

Bahan-bahan dan senyawa kimia akan mudah larut dalam pelarut yang sama polaritasnya dengan zat terlarut. Tetapi polaritas bahan dapat berubah karena adanya proses kimiawi. Misalnya asam lemak dalam larutan KOH berada dalam keadaan terionisasi dan menjadi lebih polar dari aslinya sehingga mudah larut serta dapat diekstraksi dengan air. Ekstraksi asam lemak yang terionisasi ini dapat dinetralkan kembali dengan menambahkan asam sulfat encer (10 N) sehingga kembali menjadi tidak terionisasi dan kembali mudah diekstraksi dengan pelarut non-polar.

Lemak dan minyak merupakan senyawa trigliserida atau

triasilgliserol, yang berarti “triester dari gliserol”. Jadi lemak dan minyak juga merupakan senyawa ester. Hasil hidrolisis lemak dan minyak adalah asam karboksilat dan gliserol. Asam karboksilat ini juga disebut asam lemak yang mempunyai rantai hidrokarbon yang panjang dan tidak bercabang.



Gambar 23. Gliserol, asam lemak menghasilkan trigliserida

## 1. Penamaan lemak dan Minyak

Lemak dan minyak sering kali diberi nama derivat asam-asam lemaknya, yaitu dengan cara menggantikan akhiran at pada asam lemak dengan akhiran in, misalnya tristearat dari gliserol diberi nama tristearin, tripalmitat dari gliserol diberi nama tripalmitin, selain itu, lemak dan

minyak juga diberi nama dengan cara yang biasa dipakai untuk penamaan suatu ester, misalnya triestearat dari gliserol disebut gliseril tristearat, tripalmitat dari gliserol disebut gliseril tripalmitat

### 3. Pembentukan Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak merupakan senyawa trigliserida dari gliserol, dimana ikan mengandung lemak berkisar antara 2 – 12 % dari berat tubuh ikan. Lemak merupakan penyusun tubuh ikan yang mempunyai sifat tidak larut dalam air, tapi larut dalam pelarut organik seperti ether, chloroform dan benzene. Dalam pembentukannya, trigliserida merupakan hasil proses kondensasi satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak (umumnya ketiga asam lemak tersebut berbeda-beda), yang membentuk satu molekul trigliserida dan satu molekul air.

1. Bila  $R_1 = R_2 = R_3$ , maka trigliserida yang terbentuk disebut trigliserida sederhana (*simple triglyceride*, *lipid sederhana*, *simple lipid*) contoh lemak, gliserida, lilin/wax.

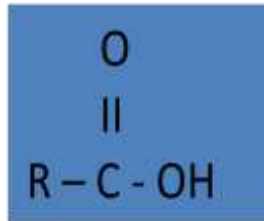
2. Sedangkan bila  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , berbeda dan asam lemak mengandung gugus tambahan seperti fosfat, protein atau karbohidrat, maka disebut trigliserida campuran (mixed triglyceride, lipid gabungan) contoh fosfolipid, lipoprotein, glikolipid.
3. Turunan lipid adalah senyawa yang dihasilkan dari hidrolisis lipid, contoh asam lemak, gliserol, terpen, sterol, steroid.

#### **4. Klasifikasi Lemak dan Minyak**

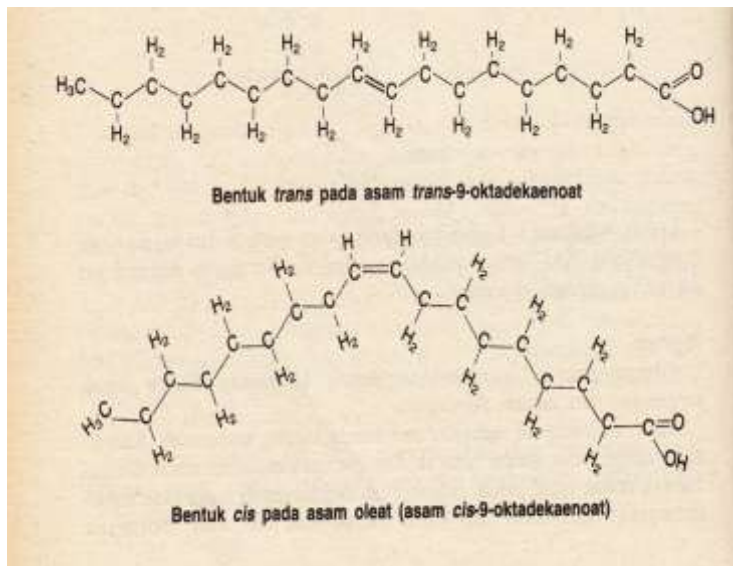
Lemak dan minyak dapat dibedakan berdasarkan beberapa penggolongan, yaitu:

##### **3.1 Berdasarkan kejenuhannya (ikatan rangkap) :**

Asam lemak merupakan asam karboksilat (Gambar 22) berantai panjang (12–24 atom C) dengan struktur umum  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$  dan biasanya jumlah atom C genap



Gambar 24. Asam karboksilat



Gambar 25. Bentuk *trans* dan *cis* dari asam lemak.

Jika rantai karbon mengandung ikatan rangkap disebut

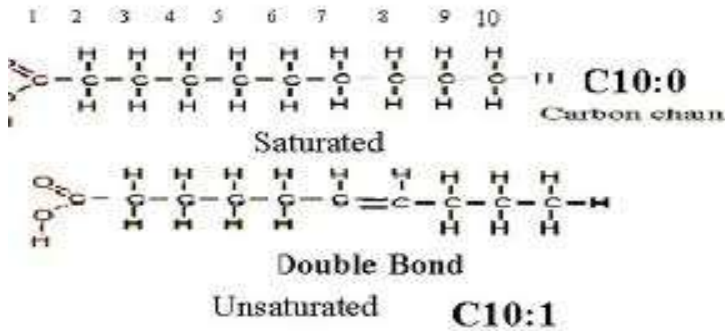


asam lemak tidak jenuh, dan bila rantai karbon tidak mengandung ikatan rangkap disebut asam lemak jenuh.

### 3.1.1. Asam lemak jenuh

Asam mengandung ikatan tunggal pada rantai hidrokarbonnya. Asam lemak jenuh mempunyai rantai zig-zig yang dapat cocok satu sama lain, sehingga gaya tarik vanderwalls tinggi, sehingga biasanya lemak jenuh merupakan asam lemak yang berwujud padat. Contoh asam lemak jenuh :

1. Asam butirat (asam butanoat):  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$  atau C4:0 terdapat dalam mentega (lemak nabati),
2. Asam kaproat (asam heksanoat) :  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$  atau C6:0 terdapat dalam mentega,
3. Asam kaprilat (asam oktanoat) :  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$  atau C8:0 terdapat dalam mentega (minyak kelapa/nabati),
4. Asam kaprat (asam dekanat) :  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$  atau C10:0 terdapat dalam mentega (minyak kelapa/nabati),



5. Asam laurat (asam dodekanoat) :  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$  atau C12:0 terdapat pada minyak paus (spermaceti), kayu manis, biji kelapa sawit, minyak kelapa, daun salam.
6. Asam miristat (asam tetradekanoat) :  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$  atau C14:0 terdapat dalam pala, biji kelapa sawit dan minyak kelapa,
7. Asam palmitat (asam heksadekanoat) :  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$  atau C16:0 terdapat pada semua lemak hewan dan tumbuhan/sayuran,
8. Asam stearat (asam oktadekanoat) :  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$  atau C18:0 terdapat pada semua

lemak hewan dan tumbuhan,

9. Asam arachidat (asam eicosanoat) :  
 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$  atau C20:0 terdapat pada minyak kacang tanah,
10. Asam behenat (asam dokosanoat) :  
 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$  atau C22:0 terdapat dalam biji-bijian

### 3.1.2 Asam lemak tak jenuh

Asam lemak tak jenuh merupakan asam lemak yang mengandung satu ikatan rangkap pada rantai hidrokarbonnya, asam lemak dengan lebih dari satu ikatan dua tidak lazim, terutama terdapat pada minyak nabati, minyak ini disebut poliunsaturat. Trigliserida tak jenuh ganda (poliunsaturat) cenderung berbentuk minyak, seperti :

1. Asam lemak tak jenuh tunggal (monoenoat) mempunyai ikatan rangkap 1, contohnya asam oleat dan asam erusat,
2. Asam lemak tak jenuh banyak (polienoat) mempunyai ikatan rangkap lebih dari 1, contohnya

asam linoleat, asam arachidonat,

3. Asam lemak polienoat yaitu Eikosanoid dengan jumlah atom C 20, contohnya prostanoid (prostaglandin, prostasiklin dan tromboksan) dan leukotrien,

Rumus kimia dan jumlah atom C

- ❖ Asam oleat:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$  atau C18:1
- ❖ Asam linoleat:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$  atau C18:2
- ❖ Asam  $\alpha$ -linoleat (ALA) :  
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$  atau C18:3
- ❖ Asam arachidonat :  
 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$  atau C20:4
- ❖ Asam eicosapentaenoat (EPA) atau C20:5 → pada minyak ikan
- ❖ Asam docoheksanoat (DHA) atau C22:6 → pada minyak ikan

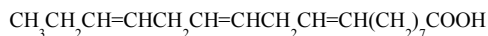
- ❖ Asam erusat:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$  atau C22:1

Simbol C diikuti angka menunjukkan banyaknya atom C yang menyusunnya; angka di belakang titik dua menunjukkan banyaknya ikatan ganda di antara rantai C-nya. Contoh: C18:1, berarti asam lemak berantai C sebanyak 18 dengan satu ikatan ganda.

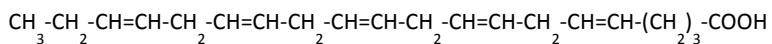
Lambang omega ( $\omega$ ) menunjukkan posisi ikatan ganda dihitung dari ujung (atom C gugus metil), Berdasarkan panjang rantai atom karbon (C), berikut sejumlah asam lemak.

- Asam oktanoat (C8:0), asam kaprilat.
- Asam dekanoat (C10:0), asam kaprat.
- Asam dodekanoat (C12:0), asam laurat.
- Asam 9-dodekanoat (C12:1), asam lauroleinat, ω-3.
- Asam tetradekanoat (C14:0), asam miristat.
- Asam 9-tetradekanoat (C14:1), asam miristoleinat, ω-5.
- Asam heksadekanoat (C16:0), asam palmitat.
- Asam 9-heksadekanoat (C16:1), asam palmitoleinat, ω-7.
- Asam oktadekanoat (C18:0), asam stearat.
- Asam 6-oktadekanoat (C18:1), asam petroselat, ω-12.
- Asam 9-oktadekanoat (C18:1), asam oleat, ω-9.
- Asam 9-hidroksioktadekanoat (C18:1), asam ricinoleat, ω-9, OH-7.
- Asam 9,12-oktadekadienoat (C18:2), asam linoleat, ω-6, ω-9.
- Asam 9,12,15-oktadekatrienoat (C18:3), asam α-linolenat, ω-3, ω-6, ω-9.
- Asam 6,9,12-oktadekatrienoat (C18:3), asam γ-linolenat, ω-6, ω-9, ω-12.
- Asam 8,10,12-oktadekatrienoat (C18:3), asam kalendulat, ω-6, ω-8, ω-10.
- Asam 9,11,13-oktadekatrienoat (C18:3), asam α-elaeostearat, ω-7, ω-9, ω-11.
- Asam 9,11,13,15-oktadekatetraenoat (C18:4), asam α-parinarat, ω-3, ω-5, ω-7, ω-9.
- Asam eikosanoat (C20:0), asam arakidat.
- Asam 5,8,11,14-eikosatetraenoat (C20:4), asam arakidonat, ω-6, ω-9, ω-12, ω-15.
- Asam 9-eikosenoat (C20:1), asam gadoleinat, ω-11.
- Asam 11-eikosenoat (C20:1), asam eikosenat, ω-9.
- Asam dokosanoat (C22:0), asam behenat.
- Asam 13-dokosenoat (C22:1), asam erukat, ω-9.
- Asam tetrakosanoat (C24:0), asam lignoserat.
- Asam 15-tetrakosenoat (C24:1), asam nervonat, ω-9.
- Asam heksakosanoat (C26:0), asam cerotat.

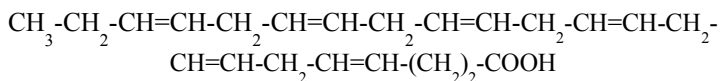
Rumus molekul ketiga asam lemak omega-3 tersebut adalah sebagai berikut:



Asam linolenat



eicosapentaenoat acid (EPA)



docosahexaenoat acid (DHA)

## **5. Kegunaan Lemak dan Minyak**

Lemak dan minyak merupakan senyawa organik yang penting bagi kehidupan makhluk hidup. Adapun lemak dan minyak ini antara lain:

1. Memberikan rasa gurih dan aroma yang spesifik
2. Sebagai salah satu penyusun dinding sel dan penyusun bahan-bahan biomolekul
3. Sumber energi yang efektif dibandingkan dengan protein dan karbohidrat, karena lemak dan minyak jika dioksidasi secara sempurna akan menghasilkan 9 kalori/liter gram lemak atau minyak. Sedangkan protein dan karbohidrat hanya menghasilkan 4 kalori tiap 1 gram protein atau karbohidrat.
4. Karena titik didih minyak yang tinggi, maka minyak biasanya digunakan untuk menggoreng makanan di mana bahan yang digoreng akan kehilangan sebagian besar air yang dikandungnya atau menjadi kering.

5. Memberikan konsistensi empuk,halus dan berlapis-lapis dalam pembuatan roti.
6. Memberikan tekstur yang lembut dan lunak dalam pembuatan es krim.
7. Minyak nabati adalah bahan utama pembuatan margarine
8. Lemak hewani adalah bahan utama pembuatan susu dan mentega
9. Mencegah timbulnya penyumbatan pembuluh darah yaitu pada asam lemak esensial.

## **6. Perbedaan Lemak dan Minyak**

- Pada temperatur kamar lemak berwujud padat dan minyak berwujud cair.
- Gliserida pada hewan berupa lemak (lemak hewani) dan gliserida pada tumbuhan berupa minyak (minyak nabati).
- Komponen minyak terdiri dari gliserida yang memiliki banyak asam lemak tak jenuh sedangkan komponen lemak memiliki asam lemak jenuh.



## 7. Asam lemak omega

Asam lemak omega-3, berbeda dengan asam lemak yang lain, asam lemak omega -3 seperti asam eikosapentaenoat (C20 : 5) dan asam dokosaheksaenoat (C22 : 6) banyak terdapat dalam lemak ikan. Disamping itu asam linoleat (C18 : 3) yang dapat diubah menjadi asam eikosapentaenoat. Omega 3, Omega 3/6, EFA (*essential fatty acids*), DHA, EPA, dan banyak lainnya lagi. Belakangan ada lagi kombinasi Omega 3, 6, 9. Selama ini asam lemak omega-3 dikenal sebagai lemak sehat yang baik untuk mencegah penyakit jantung. Sejarah dan penelitian juga membuktikan bahwa jumlah penyakit jantung koroner di kalangan orang-orang Eskimo yang tinggal di Greenland, Kutub Utara, sangat kecil karena mereka banyak mengkonsumsi ikan laut yang kaya asam lemak omega-3. Setiap molekul asam lemak terbentuk dari elemen-elemen dasar yang sama, yaitu karbon, oksigen, dan hidrogen. Yang membedakan masing-masing asam lemak adalah bentuk ikatan atom-atom karbon penyusunnya. Jika hanya memiliki ikatan tunggal disebut asam lemak jenuh, sebaliknya jika memiliki sedikitnya satu ikatan ganda

disebut asam lemak tak jenuh. Perbedaan di antara omega - 3, -6, maupun -9 sendiri terletak pada posisi ikatan ganda pertama pada rantai karbon. Sesuai namanya, ikatan ganda pertama yang dimiliki asam lemak omega-3 berada pada posisi ke-3 dari ujung rantai. Begitu juga dengan kedua kelompok asam lemak lainnya. Omega -6 memiliki ikatan ganda pertamanya pada posisi ke-6 dan omega-9 pada posisi ke-9 dari ujung rantai. Namun bagaimana asam-asam lemak tersebut secara kimiawi terbentuk, sebenarnya tidak terlalu penting untuk diketahui. Yang lebih penting tentu manfaat setiap asam lemak bagi tubuh.

### **Omega-3**

Asam-asam lemak omega-3 sangat penting bagi kesehatan. Bahkan sering disebut sebagai yang paling penting di antara asam-asam lemak karena memiliki efek anti peradangan dan anti penggumpalan darah. Ini menjelaskan mengapa omega-3 efektif mencegah penyakit jantung. Asam-asam lemak omega-3 juga baik bagi sistem saraf pusat dan otak. Induk dari asam lemak omega-3 adalah *alpha linolenic acid* (ALA) yang dapat dikonversi

tubuh menjadi *eicosapentaenoic acid* (EPA) dan *docosahexaenoic acid* (DHA). EPA, dan DHA memiliki efek anti peradangan yang sangat ampuh dan banyak peran penting dalam tubuh. Asam lemak omega-3 disebut asam lemak esensial karena tidak dapat dibuat sendiri oleh tubuh, sehingga harus diperoleh dari makanan. Namun, asupan omega-3 ini justru yang paling kurang dalam pola makan. Selain dari ikan berlemak tinggi seperti salmon atau tuna atau berbagai jenis ikan pelagis lainnya. Omega-3 juga dapat diperoleh dari kacang walnut, biji kapok (*flaxseeds*), dan sayuran berdaun hijau.

Sumber utama asam lemak omega 3 adalah ikan dari laut. Golongan ikan ini adalah jenis ikan tuna, tongkol, tenggiri, layang, kembung, bawal, sarden, mackerel, herring dan haibut. Ikan laut dalam sangat kaya akan kandungan asam lemak omega 3. Asam lemak omega-3 adalah asam lemak yang memiliki posisi ikatan rangkap pertama pada atom karbon nomor tiga dari gugus metil. Minyak ikan biasanya memiliki komposisi asam lemak dengan rantai karbon panjang dan ikatan rangkap yang banyak (*polyunsaturated fatty acids*). Konfigurasinya omega-3 pada

ikan lebih banyak dibandingkan lemak tumbuhan atau hewan darat. Kandungan asam lemak omega-3 yang dominan di dalam ikan adalah asam linolenat, asam eikosapentanoat dan asam dokosaheksanoat.

Kandungan lemak omega 3 ikan laut dalam/100 g, Tuna 2,1 g, Tongkol 1,5 g, Tenggiri 2,6 g, Lemuru 1,2 g, Layang 2,1 g, Kembung 2,2 g, Bawal 0,6 g, Sardin 1,2 g, Salmon 1,4 g, Makerel 1,9 g, Herring 1,2 g, Haibut 1,3 g.

### **Omega-6**

Walaupun memiliki efek proinflamasi atau properadangan, asam lemak omega-6 ternyata juga menyimpan unsur anti peradangan. Dalam kondisi normal, reaksi inflamasi itu sebenarnya juga perlu, karena membantu tubuh memperbaiki dirinya sendiri (seperti dalam kasus otot keseleo). Tetapi jika berlebihan dapat menjurus ke penyakit degeneratif kronis di kemudian hari. Asam lemak omega-6 sama pentingnya seperti asam lemak omega-3, meski jumlahnya tidak dianjurkan sebesar omega-3. Namun faktanya, kebanyakan orang sekarang justru lebih banyak mengonsumsi asam lemak omega-6 dibandingkan

omega-3. Hal ini disebabkan karena banyak makanan yang sehari-hari dimakan, menggunakan minyak yang tinggi asam lemak omega-6. Sebut saja minyak jagung, minyak kedelai, minyak biji bunga matahari, atau minyak canola. Pola makan sehari-hari pada umumnya cukup menyediakan asam lemak ini, kecuali kita menjalani diet sangat rendah lemak. Karena selain dari minyak nabati, asam lemak omega-6 juga dapat diperoleh dari sayuran berdaun, biji-bijian, kacang-kacangan, dan sereal.

### **Omega-9**

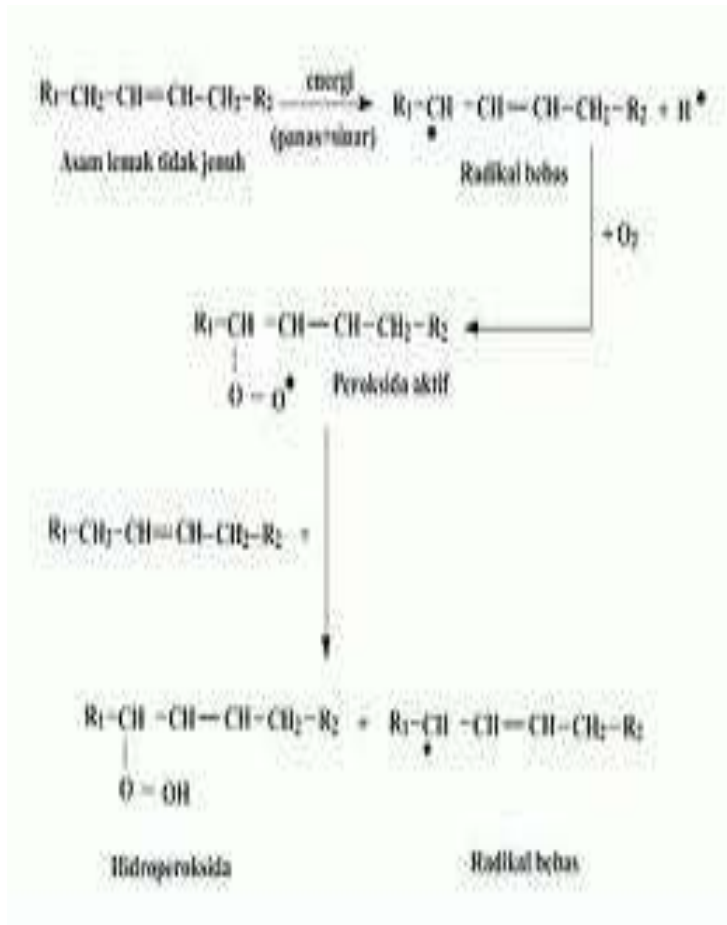
Asam lemak omega-9 adalah asam lemak terbanyak yang dapat ditemukan di alam, sehingga sangat kecil kemungkinannya tubuh kekurangan asam lemak ini. Omega-9 tidak termasuk asam lemak esensial karena tubuh mampu mensintesisnya sendiri dari lemak-lemak tak jenuh dalam tubuh. Omega-9 terdapat dalam lemak hewan dan minyak nabati, khususnya minyak zaitun. Yang menarik, minyak yang dibuat oleh kelenjar kulit kita ternyata sama dengan omega-9 yang ditemukan berlimpah dalam minyak zaitun, yaitu asam oleat. Minyak zaitun juga mengandung asam lemak jenuh yang dikenal sebagai asam palmitat,

tetapi tidak mengandung omega-3 atau omega-6 seperti yang dipercaya banyak orang selama ini. Bahwa minyak zaitun banyak diberitakan memiliki sejumlah manfaat kesehatan, itu lebih karena kandungan polifenolnya ketimbang kandungan asam lemaknya. Polifenol juga memiliki efek antioksidan, anti peradangan, anti penggumpalan darah, dan anti bakterial seperti asam lemak omega-3. Asam-asam lemak omega-9 dapat digunakan tubuh sebagai pengganti sementara omega-3 atau omega-6, jika persediaan kedua asam lemak tersebut dalam tubuh tidak mencukupi. Defisiensi omega-3 dan omega-6 yang berkepanjangan, bagaimanapun, dapat berakibat fatal. **Sudah cukupkah asupan asam lemak Anda ?** Kecuali anda bisa mengkonsumsi ikan kaya lemak seperti salmon, sarden, atau tenggiri dua kali dalam seminggu, dan harus menambah asupan asam lemak dari suplemen setiap hari. Suplemen minyak ikan biasanya menyediakan asam lemak omega-3, -6, dan -9 dalam rasio seimbang. Jika karena suatu alasan Anda tidak dapat mengkonsumsi minyak ikan, maka minyak biji flax dapat menjadi pilihan. Sayangnya konversi ALA dari minyak nabati menjadi EPA dan DHA

di dalam tubuh, tidak selalu efisien. Namun bentuk apa pun yang anda pilih, pastikan selalu mengkonsumsi asam lemak esensial bersama vitamin E dengan dosis 200 - 400 IU per hari. Vitamin E berguna mencegah asam lemak terlalu cepat terurai dalam tubuh.

### **8. Rancidity (ketengikan)**

- Asam lemak pada suhu kamar dapat mengalami reaksi auto-oksidasi.
- Pada reaksi tersebut asam lemak dipecah menjadi hidrokarbon, keton, aldehid, peroksida dan alkohol akan menimbulkan bau dan rasa tidak enak/tengik
- Auto-oksidasi dapat juga disebabkan oleh adanya logam-logam berat, kelembaban, cahaya, dan bakteri perusak



Gambar 26. Proses ketengikan



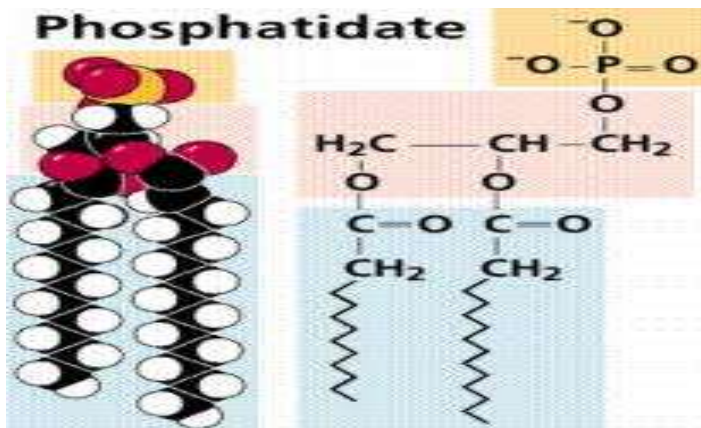
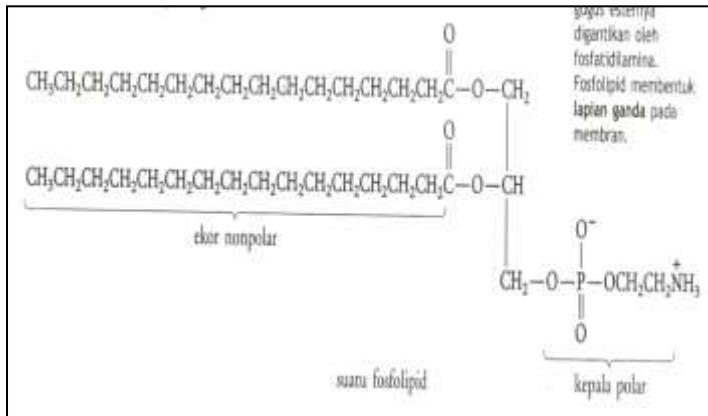
**Keterangan.**

Kerusakan lemak pada ikan sangat mudah mengalami otooksidasi radikal asam lemak tidak jenuh, sehingga dapat menimbulkan bau dan rasa tengik yang disebut dengan proses ketengikan atau rancidity. Otooksidasi dimulai dengan pembentukan radikal-radikal bebas yang disebabkan oleh faktor-faktor yang dapat mempercepat reaksi seperti cahaya, panas, logam berat yaitu Cu, Fe, Co dan Mn. Kemudian radikal bebas ini dengan oksigen ( $O_2$ ) membentuk peroksida aktif, kemudian menjadi hidroperoksida yang bersifat sangat tidak stabil dan mudah pecah menjadi senyawa dengan rantai karbon yang pendek oleh radiasi panas maupun enzim menjadi asam-asam lemak, aldehid, keton yang bersifat volatil dan menimbulkan bau tengik.

**9. Fosfolipid dan glikolipid**

Fosfolipid adalah gliserida yg mengandung fosfor, fosfolipid terdapat pada tumbuhan (kedelai), hewan, ikan, telur, otak, hati, ginjal, paru-paru dan jantung.

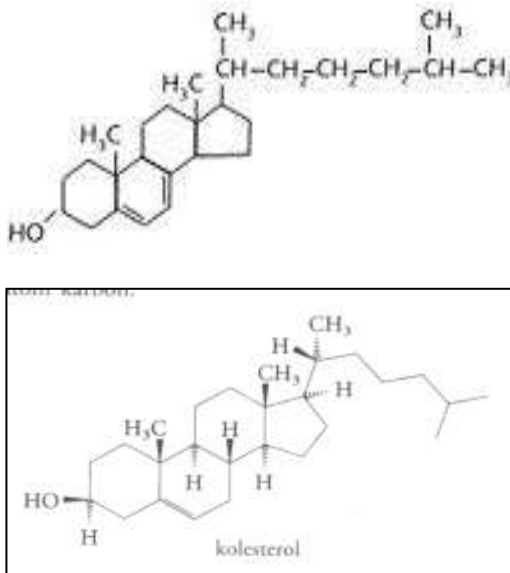
Glikolipid adalah gliserida yang mengandung karbohidrat, contohnya serebrosida yang terdapat dalam jaringan syaraf hewan, ikan.



Gambar 27. Struktur kimia fosfolipid

## 10. Steroid

Steroid adalah kolesterol yang terdapat pada hampir semua sel hewan, ikan, Pada konsentrasi yang tinggi berbahaya bagi kesehatan. Contoh steroid adalah 7-dehidrokolesterol dan ergosterol merupakan provitamin D terdapat dalam tumbuhan dan ragi. Juga terdapat Hormon kelamin seperti testosteron, androsteron, estrogen & progesterone.



Gambar 28. Struktur kimia kolesterol

Kolesterol yang ada pada ikan dengan konsentrasi yang sangat rendah yaitu antara 0,045 – 0,25 % sehingga ikan sangat mungkin untuk direkomendasikan sebagai makanan bagi penderita *alterosklerosis* yaitu para orang tua/manula maupun orang dewasa. Kolesterol adalah suatu substansi seperti lilin yang berwarna putih, secara alami ditemukan di dalam tubuh. Kolesterol diproduksi di hati, fungsinya untuk membangun dinding sel dan membuat hormon-hormon tertentu.

Tubuh sebetulnya akan menghasilkan sendiri kolesterol yang diperlukan. Tetapi, karena produk hewani yang dikonsumsi, menyebabkan kelebihan kolesterol. Kadar kolesterol yang berlebihan di dalam darah merupakan penyebab utama dari penyakit jantung dan penyakit pembuluh darah. Kolesterol membentuk bekuan dan plak yang menyumbat arteri dan akhirnya memutuskan aliran darah ke jantung (menyebabkan serangan jantung) dan ke otak (*stroke*).

Kadar kolesterol terbagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu : 1. Kolesterol HDL (*High-Density Lipoprotein*), merupakan "*kolesterol baik*" karena kemampuannya

untuk membersihkan arteri. 2. Kolesterol LDL (*Low-Density Lipoprotein*) atau "*kolesterol jahat*" yang membuat endapan dan menyumbat arteri. Kadar kolesterol HDL di atas 60 berarti sangat baik. Makin tinggi kadar kolesterol HDL, makin rendah resiko untuk mendapat serangan jantung atau stroke. Kadar kolesterol LDL yang baik adalah lebih rendah dari 130, dan semakin rendah, akan semakin baik.

Lipoprotein merupakan lipid gabungan, jadi gabungan lemak dengan protein, terdapat dalam plasma darah. Ada 4 kelompok lipoprotein utama yaitu Chylomicron terdapat dalam usus, VLDL (*very low density lipoprotein*) terdapat dalam hati dan usus, LDL (*low density lipoprotein*), HDL (*high density lipoprotein*). Keempat kelompok lipoprotein tersebut penting dalam diagnosis klinik. Gugus protein dari lipoprotein disebut apoprotein, Inti lipidnya dapat berupa triasilgliserol, ester kolesteril, fosfolipid, atau kolesterol.

Ikan secara garis besar digolongkan : Ikan kurus yang menyimpan lemaknya sebagai triasilgliserol dalam hati (misalnya ikan cod) dan Ikan gemuk (makarel dan

haring). Minyak ikan mengandung banyak asam lemak rantai sangat panjang dengan lebih dari 20 atom karbon yang sebagian besar mempunyai 5-6 ikatan rangkap. Komposisi asam lemak ikan berbeda, tergantung jenis ikan, makanannya dan musim (Almatsier, 2003).

Omega-3 terdapat pada minyak ikan, penggunaan minyak ikan tersebut sebagai sumber vitamin A dan D. Pada minyak ikan terdapat Omega-3 yaitu asam eikosapentaenoat (EPA) dan asam dokosaheksaenoat (DHA). Di samping EPA dan DHA, minyak ikan juga mengandung 18:4  $\omega$ -3, 20:4  $\omega$ -3 dan bahkan 18:5  $\omega$ -3. Sedangkan asam lemak linolenat (lna, 18:3  $\omega$ -3).



Gambar 29. Minyak ikan

Minyak ikan selain sebagai sumber asam lemak Omega-3 juga merupakan sumber yang baik untuk asam lemak Omega-6, asam linoleat dan asam arakhidonat (Nettleton, 1995). Asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap banyak atau *polyunsaturated fatty acids (PUFA)* menyebabkan minyak ikan sangat rentan terhadap

oksidasi sehingga menyebabkan ketengikan. Proses oksidasi dapat terjadi karena beberapa hal antara lain: udara, cahaya, enzim, logam (Cu, Fe) (Ketaren, 1986). Proses oksidasi asam lemak Omega-3 dapat dicegah dengan cara menambahkan antioksidan, disimpan dalam *freezer* (dibekukan) dan pemanasan pendahuluan (*blanching*).

Asam lemak omega-3 adalah asam lemak poli tak jenuh yang mempunyai ikatan rangkap banyak, Ikatan rangkap pertama terletak pada atom karbon ketiga dari gugus metil. Ikatan rangkap berikutnya terletak pada nomor atom karbon ketiga dari ikatan rangkap sebelumnya. Gugus metil adalah gugus terakhir dari rantai asam lemak. Contoh asam lemak omega-3 adalah asam lemak eikosapentaenoat EPA (C 20: 5,  $\omega$ -3), dan asam lemak dokosaheksaenoat DHA (C 22: 6,  $\omega$ -3). Lemak dari ikan laut mengandung polyunsaturated, yaitu jenis lemak penghasil asam lemak Omega-3. Ikan air tawar mengandung asam lemak Omega-3 lebih rendah daripada ikan laut (Monsen, 1985; Vlieg and Body dalam Wang, 1990). Asam lemak Omega-3 biasa

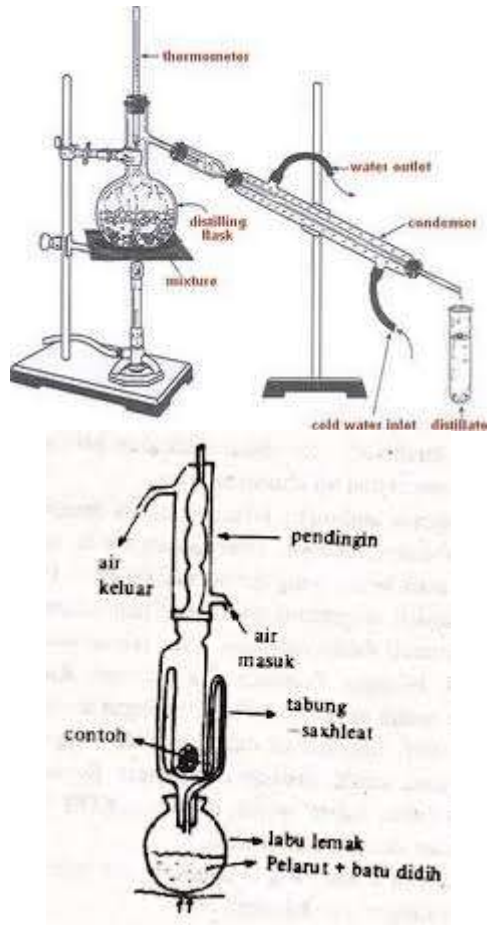


terdapat dalam ikan laut antara lain tuna, tongkol, cod, salmon, sardin dan mackerel . Asam lemak Omega-3 EPA sangat bermanfaat untuk kesehatan diantaranya mengurangi resiko penyakit jantung dan menghambat penyempitan pembuluh darah. Selain itu, Omega-3 juga berkhasiat untuk memperbaiki tekanan darah pada penderita hipertensi serta penyakit diabetes. Sedangkan DHA merupakan komponen yang penting untuk pertumbuhan otak, pertumbuhan retina mata (penglihatan) yang baik serta pembentukan saraf-saraf yang baik.

## **11. Ekstraksi Lemak**

1. Ekstraksi dengan menggunakan pelarut merupakan salah satu metode pemisahan yang baik dan populer karena dapat dilakukan untuk tingkat mikro maupun makro.
2. Ekstraksi terdiri dari dua macam yaitu ekstraksi padat-cair dan cair-cair.
3. Ekstraksi padat-cair dapat dikerjakan dengan alat soxhlet, di mana pada ekstraksi ini terjadi

keseimbangan di antara fase padat dan fase cair (pelarut).



**Gambar 30. Alat soklet untuk analisis lemak**

4. Ekstraksi cair-cair merupakan suatu pemisahan yang didasarkan pada perbedaan komponen dua pelarut yang tidak saling bercampur.
5. Alat yang digunakan adalah alat yang sederhana yaitu corong pisah.
6. Ekstraksi minyak pada ikan dapat diperoleh dengan 3 cara yaitu rendering, pengepresan atau pressing, dan dengan pelarut.
7. Rendering merupakan salah satu cara ekstraksi dengan pemanasan. Pemanasan dapat dilakukan dengan air panas (*wet rendering*) pada ketel vakum, maka protein akan rusak, air akan menguap dan lemak akan mengapung di permukaan sehingga dapat dipisahkan.
8. Pengepresan dapat dilakukan dengan terlebih dahulu bahan atau ikan dipotong-potong atau dihancurkan, lalu dipress dengan tekanan tinggi yaitu penggunaan tekanan hidrolik, sehingga minyak akan keluar.

9. Penggunaan pelarut organik, tapi cara ini sangat mahal karena pelarut organik harganya mahal dan kurang efektif karena lemak harus dipisahkan dari bahan pelarut dengan cara penguapan.
10. Untuk memperoleh minyak yang bermutu baik, maka minyak harus dipisahkan dari kotoran atau bahan lain dengan cara pemurnian minyak dengan beberapa tahap.
11. Pengendapan (*settling*) dan pemisahan gumi (degumming), bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel halus yang tersuspensi atau berbentuk koloid. Pemisahan dilakukan dengan pemanasan uap dan adsorben atau dilakukan dengan sentrifius.
12. Netralisasi dengan alkali yang bertujuan untuk memisahkan senyawa-senyawa terlarut seperti fosfatida, asam lemak bebas dan hidrokarbon dengan menggunakan uap panas dalam keadaan vakum, kemudian ditambahkan alkali NaOH atau

$\text{NaCO}_3$  sehingga asam lemak ikut fase air dan terpisah dengan lemaknya.

13. Pemucatan yang bertujuan untuk menghilangkan zat warna dalam minyak dengan menambahkan abserben seperti arang aktif atau tanah liat sehingga terjadi penyerapan warna, kemudian minyak disaring dalam keadaan vakum.
  14. Penghilangan bau atau deodorisasi minyak dengan menggunakan botol vakum, kemudian dipanaskan dengan dialirkan uap panas yang akan membawa senyawa volatil. Minyak harus segera didinginkan atau winterisasi untuk mencegah oksidasi dengan  $\text{O}_2$ .
  15. Winterisasi sampai suhu  $5^\circ\text{C}$  sehingga terbentuk kristal lemak, lalu disaring agar minyak tetap cair pada suhu rendah.
- Pada umumnya pemisahan lemak dalam jaringan hewan misalnya ikan adalah dengan menggunakan pelarut kloroform, metanol dan air.

- Ada dua metode
- Ekstraksi lemak dalam ikan yaitu metode Folch dkk dan metode Bligh dan Dyer.
- Metode Folch menggunakan campuran pelarut kloroform dan metanol dengan perbandingan 2:1, v/v
- Metode Bligh dan Dyer menggunakan campuran pelarut kloroform : methanol : air dengan perbandingan 1: 2: 0,8,

## **BAB 5. KARBOHIDRAT**

Karbohidrat atau Hidrat Arang adalah suatu zat gizi yang fungsi utamanya sebagai penghasil energi, dimana setiap gramnya menghasilkan 4 kalori. Walaupun lemak menghasilkan energi lebih besar, namun karbohidrat lebih banyak di konsumsi sehari-hari sebagai bahan makanan pokok, terutama pada negara sedang berkembang. Di negara sedang berkembang karbohidrat dikonsumsi sekitar 70-80 % dari total kalori, bahkan pada daerah-daerah miskin bisa mencapai 90 %. Sedangkan pada negara maju karbohidrat dikonsumsi hanya sekitar 40-60 %. Hal ini disebabkan sumber bahan makanan yang mengandung karbohidrat lebih murah harganya dibandingkan sumber bahan makanan kaya lemak maupun protein.

Karbohidrat banyak ditemukan pada sereal (beras, gandum, jagung, kentang dan sebagainya), serta pada biji-bijian yang tersebar luas di alam.

### **Definisi**

Secara umum definisi karbohidrat adalah senyawa organik yang mengandung atom Karbon, Hidrogen dan

Oksigen, dan pada umumnya unsur hidrogen dan oksigen dalam komposisi menghasilkan  $H_2O$ . Di dalam tubuh, karbohidrat dapat dibentuk dari beberapa asam amino dan sebagian dari gliserol lemak. Akan tetapi sebagian besar karbohidrat diperoleh dari bahan makanan yang dikonsumsi sehari-hari, terutama sumber bahan makan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan.

Sumber karbohidrat hewani ada dalam bentuk glikogen, hanya dijumpai pada otot dan hati. Karbohidrat dalam bentuk laktosa hanya dijumpai di dalam susu. Pada tumbuh-tumbuhan, karbohidrat di bentuk dari hasil reaksi  $CO_2$  dan  $H_2O$  melalui proses fotosintesis di dalam sel-sel tumbuh-tumbuhan yang mengandung hijau daun (klorofil). Matahari merupakan sumber dari seluruh kehidupan, tanpa matahari tanda-tanda dari kehidupan tidak akan dijumpai.

Penggolongan karbohidrat berdasarkan jumlah molekulnya.

#### 1. Monosakarida

- Heksosa (mengandung 6 buah karbon)
- Glukosa
- Fruktosa



- Galaktosa
- Pentosa (mengandung 5 buah karbon)
- Ribosa
- Arabinosa
- Xylosa

## 2. Disakarida

- Sukrosa
- Maltosa
- Laktosa

## 3. Polisakarida

- Amilum
- Dekstrin
- Glikogen
- Selulosa

## **Monosakarida**

Karbohidrat yang paling sederhana (*simple sugar*), oleh karena tidak bisa lagi dihidrolisa. Monosakarida larut di dalam air dan rasanya manis, sehingga secara umum disebut juga gula. Penamaan kimianya selalu berakhiran -osa. Ada tiga jenis monosakarida yang penting yaitu, glukosa, fruktosa dan galaktosa.

## **Glukosa**

Terkadang orang menyebutnya gula anggur ataupun dekstrosa. Banyak dijumpai di alam, terutama pada buah-buahan, sayur-sayuran, madu, sirup jagung dan tetes tebu. Di dalam tubuh glukosa didapat dari hasil akhir pencernaan amilum, sukrosa, maltosa dan laktosa.

Glukosa dijumpai di dalam aliran darah (disebut Kadar Gula Darah) dan berfungsi sebagai penyedia energi bagi seluruh sel-sel dan jaringan tubuh. Pada keadaan fisiologis Kadar Gula Darah sekitar 80-120 mg %. Kadar gula darah dapat meningkat melebihi normal disebut hiperglikemia, keadaan ini dijumpai pada penderita Diabetes Mellitus.

## **Fruktosa**

Disebut juga gula buah yang merupakan jenis sakarida yang paling manis, banyak dijumpai pada mahkota bunga, madu dan hasil hidrolisa dari gula tebu. Di dalam tubuh fruktosa didapat dari hasil pemecahan sukrosa.

**Galaktosa**

Tidak dijumpai dalam bentuk bebas di alam, galaktosa yang ada di dalam tubuh merupakan hasil hidrolisa dari laktosa.

## **Disakarida**

Merupakan gabungan antara 2 (dua) monosakarida, pada bahan makanan, disakarida terdapat 3 jenis yaitu sukrosa, maltosa dan laktosa.

### **Sukrosa**

Adalah gula yang dipergunakan sehari-hari, sehingga lebih sering disebut gula meja (*table sugar*) atau gula pasir dan disebut juga gula invert. Mempunyai 2 (dua) molekul monosakarida yang terdiri dari satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa. Sumber: tebu (100 % mengandung sukrosa), bit, gula nira (50 %), jam, jelly.

### **Maltosa**

Mempunyai 2 (dua) molekul monosakarida yang terdiri dari dua molekul glukosa. Di dalam tubuh maltosa didapat dari hasil pemecahan amilum, lebih mudah dicerna dan rasanya lebih enak dan nikmat. Dengan yodium, amilum akan berubah menjadi warna biru.

## **Polisakarida**

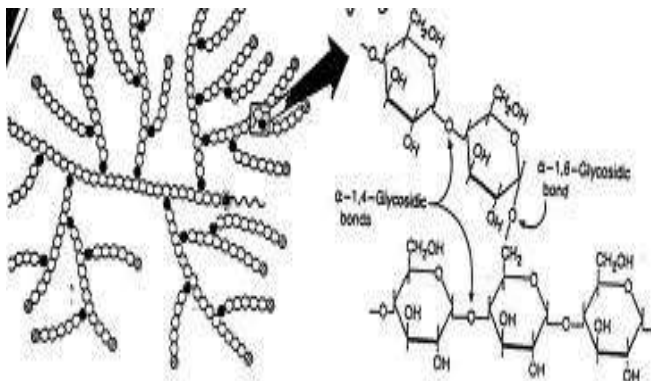
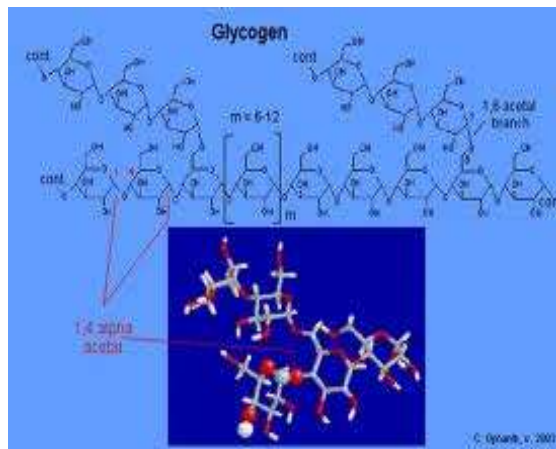
Merupakan senyawa karbohidrat kompleks, dapat mengandung lebih dari 60.000 molekul monosakarida yang tersusun membentuk rantai lurus ataupun bercabang. Polisakarida rasanya tawar (tidak manis), tidak seperti monosakarida dan disakarida. Ada 3 (tiga) jenis polisakarida yaitu amilum, dekstrin, glikogen dan selulosa.

## **Glikogen**

Glikogen merupakan "pati hewani", terbentuk dari ikatan 1000 molekul, larut di dalam air (pati nabati tidak larut dalam air) dan bila bereaksi dengan iodium akan menghasilkan warna merah. Glikogen terdapat pada otot hewan, manusia dan ikan. Pada waktu hewan disembelih, terjadi kekejangan (*rigor mortis*) dan kemudian glikogen dipecah menjadi asam laktat selama post rigor.

Glikogen terdapat dalam ikan dengan jumlah yang kecil yaitu  $\pm 0,6 \%$ , Terdapat di darah, otot dan hati.

Glikogen merupakan karbohidrat majemuk yaitu kelompok polisakarida yang merupakan cadangan energi dan mempunyai peranan atau arti penting saat kematian ikan yaitu saat rigormortis/kekejangan.



Gambar 31. Struktur kimia glikogen

Glikogen disimpan di dalam hati dan otot sebagai cadangan enersi, yang sewaktu-waktu dapat diubah kembali menjadi glukosa bila dibutuhkan. Disini zat antara itu diubah menjadi glikogen, mengisi kembali cadangan glikogen yang telah dipergunakan untuk meningkatkan kadar gula darah. Peristiwa oksidasi glukosa di dalam jaringan-jaringan terjadi secara bertahap dan pada tahap-tahap itulah energi dilepaskan sedikit demi sedikit, untuk dapat digunakan melalui suatu deretan proses-proses kimiawi, glukosa dan glikogen diubah menjadi asam pyruvat. Asam pyruvat ini merupakan zat antara yang sangat penting dalam metabolisme karbohidrat. Asam pyruvat dapat segera diolah lebih lanjut dalam suatu proses pada "lingkaran Krebs". Dalam proses siklis ini dihasilkan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dan terlepas energi dalam bentuk persenyawaan yang mengandung tenaga kimia yang besar yaitu ATP (*Adenosin Triphosphate*). ATP ini mudah sekali melepaskan energinya sambil berubah menjadi ADP (*Adenosin Diphosphate*). Sebagian dari asam piruvat dapat diubah menjadi "asam laktat". Asam laktat ini dapat keluar dari sel-sel jaringan dan memasuki aliran

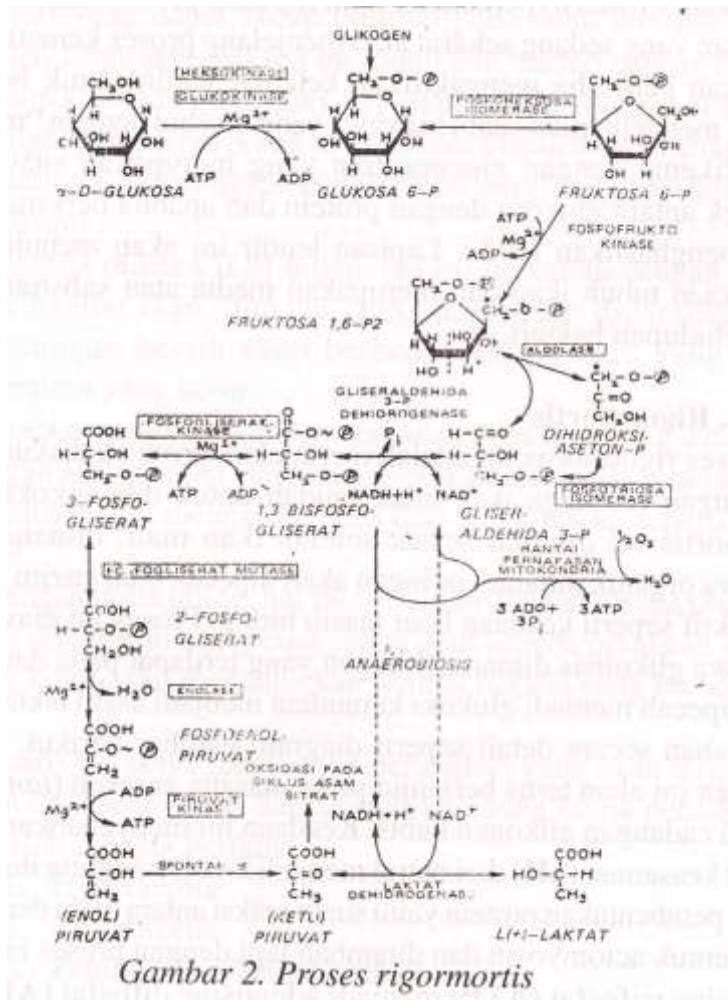
darah menuju ke hepar. Di dalam hepar asam laktat diubah kembali menjadi asam piruvat.

### **Metabolisme Karbohidrat**

Melalui glikolisis, glukosa segera terlibat dalam produksi ATP, Karbohidrat yang ada dalam diet sebagian besar adalah polimer heksosa, diantaranya yang paling penting adalah glukosa, galaktosa, dan fruktosa. Begitu masuk ke dalam sel, glukosa secara normal difosforilasi untuk membentuk glukosa-6-fosfat, Enzim yang mengkatalisis reaksi ini adalah heksokinase. Kemudian dipolimerisasi atau dikatabolisme menjadi glikogen. Proses pembentukan glikogen disebut **glikogenesis**, dan pemecahan glikogen disebut dengan **glikogenolisis**. Glikogen terdapat banyak pada jaringan tubuh, tetapi pasokan utama adalah hati dan otot rangka. Pemecahan glikogen menjadi piruvat atau laktat disebut dengan **glikolisis**. Glikolisis berlangsung di dalam sitosol di semua sel, glikolisis juga dapat bekerja tanpa oksigen. Glikolisis memerlukan : glukosa, 2 ATP, 2 ADP,  $2\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{NAD}^+$  dengan bantuan 10 enzim sehingga glikolisis menghasilkan : **2 piruvat, 2NADH,  $2\text{H}_2\text{O}$ , 4 ATP** dengan kata lain proses glikolisis



menghasilkan 2 ATP dan 2 piruvat yang akan dilanjutkan menuju siklus asam sitrat.

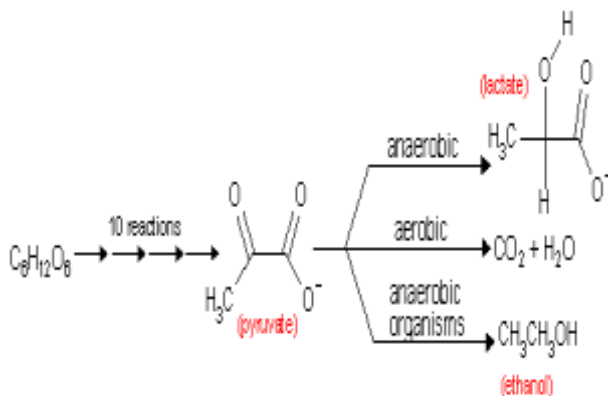


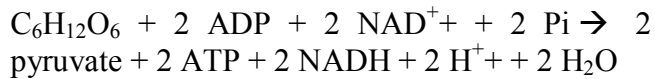
Gambar 2. Proses rigormortis

Gambar 32. Proses rigormortis

**Ada 10 tahap proses glikolisis**, dimana glikolisis berarti adalah rangkaian reaksi yang mengubah glukosa menjadi dua molekul piruvat. Dilihat dari keseluruhan, glikolisis terbagi menjadi dua bagian atau fase :

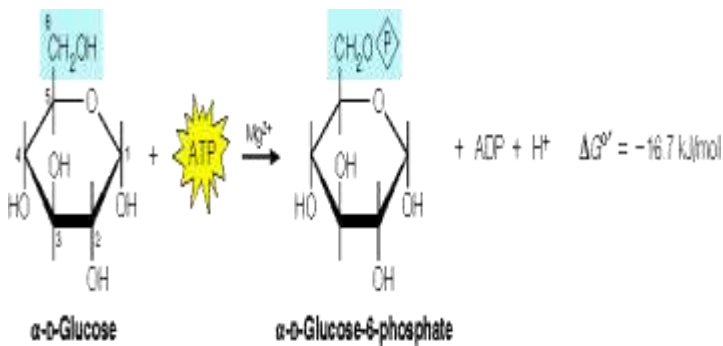
1. Fase 1 : meliputi tahap reaksi enzim yang memerlukan ATP, yaitu tahap reaksi dari glukosa sampai dengan pembentukan fruktosa 6-fosfat (dari tahap 1 sampai tahap 5).
2. Fase 2 : meliputi tahap reaksi yang menghasilkan energi (ATP dan NADH) yaitu dari gliseraldehid 3-fosfat sampai dengan piruvat (dari tahap 6 sampai tahap 10).



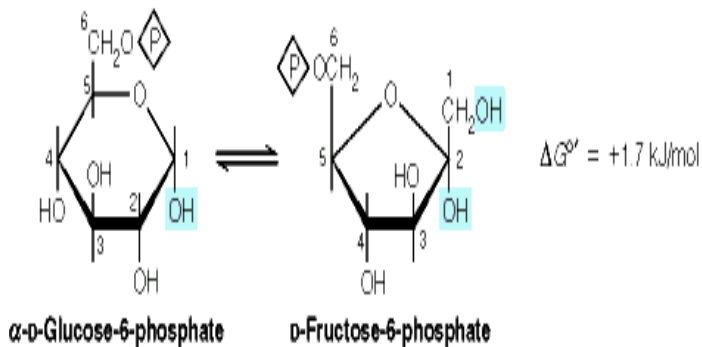


Untuk lebih rinci 10 tahapan proses glikolisis adalah sebagai berikut :

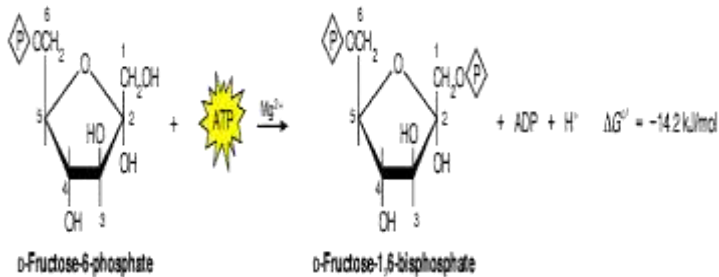
**Tahap 1**, adalah tahapan fosforilasi glukosa, dimana reaksi berlangsung secara yang irreversibel artinya reaksi satu arah atau tidak dapat balik yang dikatalis oleh enzim heksokinase yaitu tranfer gugus fosfat pada molekul heksosa dan memerlukan unsur Mg. Reaksi ini terdapat di semua jenis sel. Adapun reaksi terjadi seperti Gambar berikut :



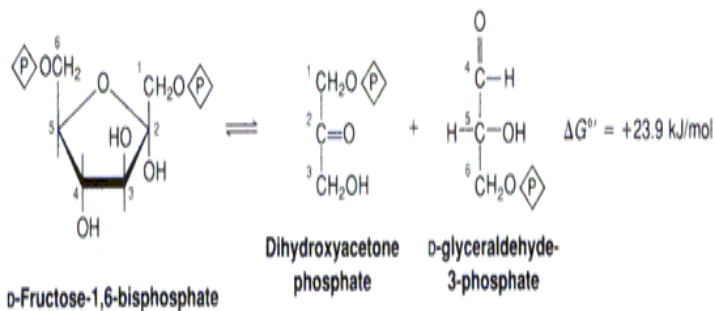
**Tahap 2**, yaitu reaksi dikatalisis oleh enzim fosfoglukoisomerase berupa perubahan isomer dari aldosa ke ketosa. Reaksi berlangsung dengan cepat, serta reaksi memerlukan Mg, serta enzim spesifik untuk substratnya.



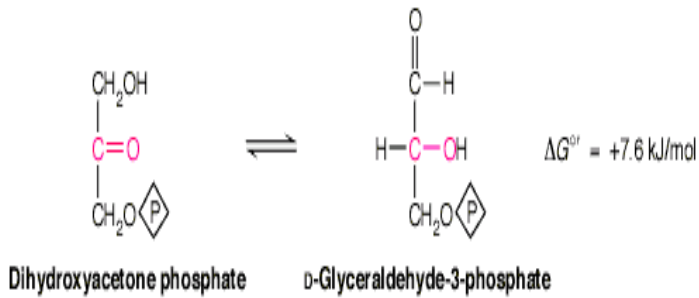
**Tahap ke 3**, yaitu tahapan reaksi yang dikatalisis oleh enzim fosfofruktokinase (PFK), secara alosterik diatur oleh : AMP, ADP , ATP, reaksi berlangsung irreversible.



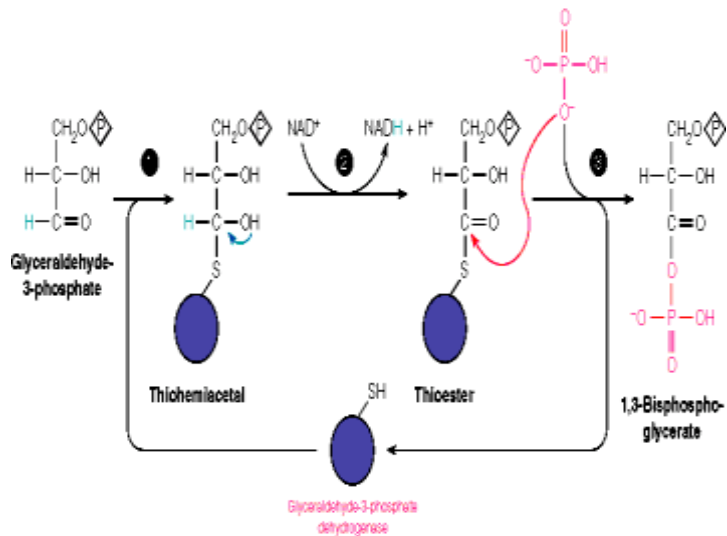
**Tahap ke 4** yaitu reaksi yang menghasilkan 2 molekul tiga karbon : DHAP dan G3P yang dikatalisis oleh enzim **Fructose-1,6-Bisphosphate Aldolase**.



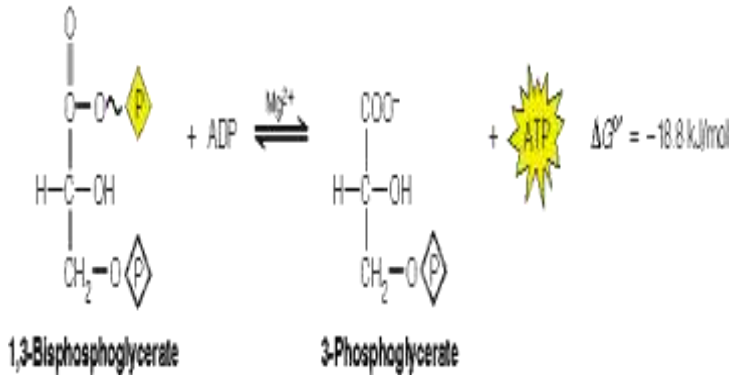
**Tahap ke 5** adalah tahapan reaksi yang dikatalisis oleh enzim **Triose Phosphate Isomerase**.



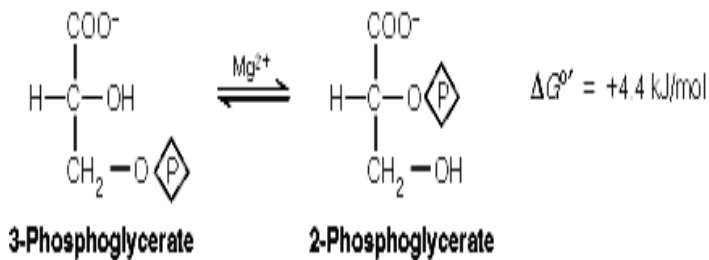
**Tahap ke 6** yaitu tahapan reaksi yang memerlukan  $\text{NAD}^+$ , sehingga ratio  $\text{NAD}^+/\text{NADH}+\text{H}$  di dalam sel sangat penting untuk pengaturan laju dan arah reaksi.



**Tahap ke 7** yaitu merupakan reaksi fosforilasi tingkat substrat untuk ADP menjadi 3PG dan ATP, karena dihasilkan 2 molekul ATP untuk setiap 1 glukosa, maka pada tahap ini, reaksi menjadi impas.



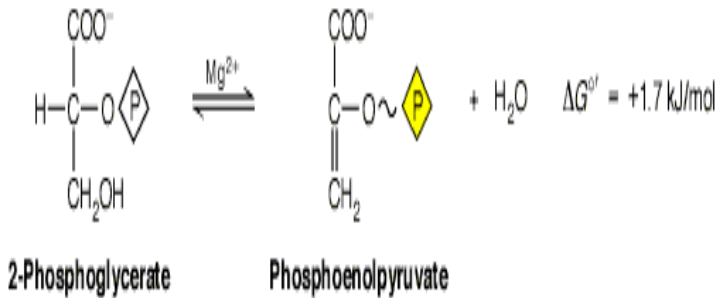
**Tahap ke 8** yaitu reaksi pada kondisi standar cenderung lebih ke arah kiri untuk membentuk 3PG, Di dalam sel, konsentrasi 3PG dijaga pada konsentrasi yang selalu tinggi, sehingga reaksi cenderung ke arah kanan.



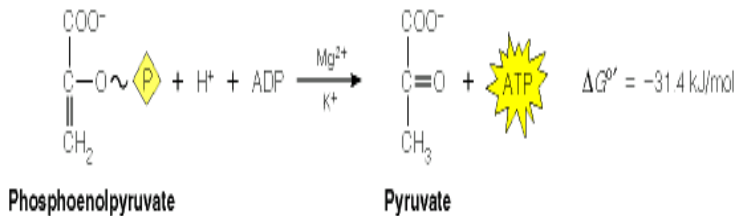
**Tahap ke 9.** Merupakan reaksi dehidrasi sederhana dari 2PG menjadi PEP, mempunyai efek naiknya energi hidrolisis ikatan fosfat, (dari -15.6 kJ/mol dalam 2PG menjadi -61.9 kJ/mol dalam PEP). Energi bebas tersebut

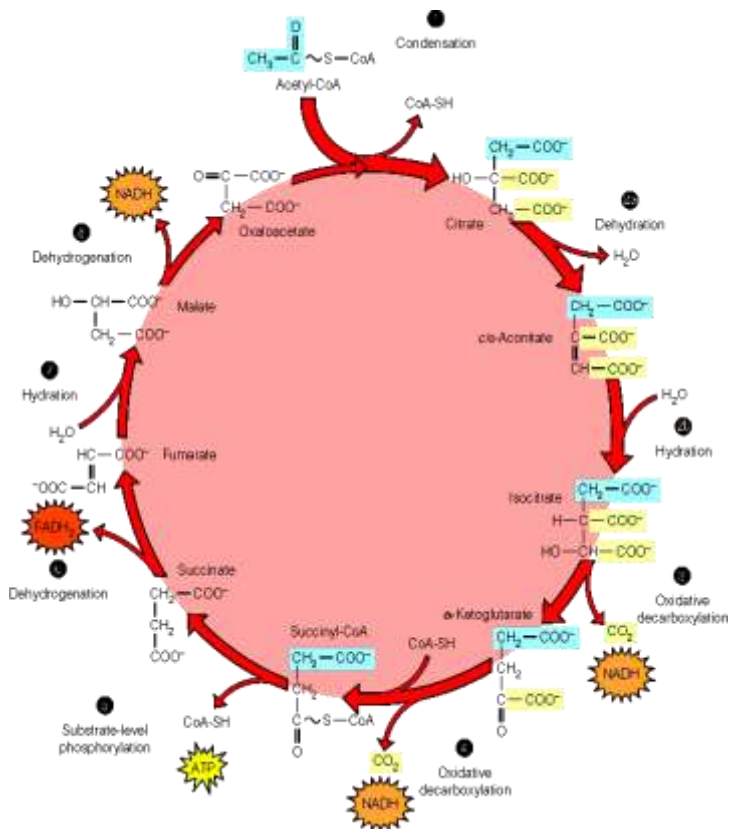


digunakan untuk reaksi berikutnya → fosforilasi tingkat substrat untuk ADP menjadi ATP.



**Tahap ke 10**, Reaksi ini penting, karena menghasilkan ATP dari reaksi fosforilasi tingkat substrat ADP, Enzim yang mengkatalisis reaksi ini **secara allosterik dinonaktifkan** oleh : ATP, alanine, and acetyl-CoA.



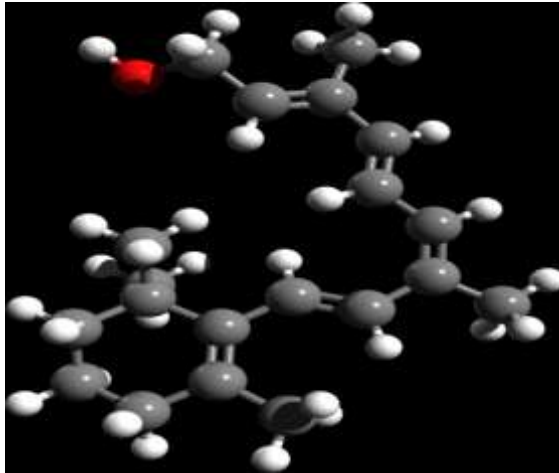


Gambar 33. Siklus krebs

## **BAB 6. VITAMIN**

Istilah vitamin mula-mula diutarakan oleh seorang ahli kimia Polandia yang bernama Funk, yang percaya bahwa zat penangkal beri-beri yang larut dalam air itu suatu amina yang sangat vital, dan dari fakta tersebut lahirlah istilah vitamine dan kemudian menjadi vitamin. Vitamin dikenal sebagai kelompok senyawa organik yang tidak masuk dalam golongan protein, karbohidrat, maupun lemak. Vitamin merupakan komponen penting di dalam bahan pangan walaupun terdapat dalam jumlah sedikit, karena berfungsi untuk menjaga keberlangsungan hidup serta pertumbuhan. Vitamin adalah suatu zat senyawa kompleks diperlukan tubuh untuk proses metabolisme dan pertumbuhan yang normal. Vitamin-vitamin tidak dapat dibuat dalam jumlah yang cukup oleh tubuh, oleh karena itu harus diperoleh bahan pangan yang dikonsumsi. Kecuali vitamin D, yang dapat dibuat dalam kulit asal kulit mendapatkan sinar matahari yang cukup. Tanpa vitamin manusia, hewan dan makhluk hidup lainnya tidak akan

dapat melakukan aktivitas hidup dan kekurangan vitamin dapat menyebabkan memperbesar peluang terkena penyakit.



Gambar 34. Struktur Vitamin  $C_{20}H_{30}O$

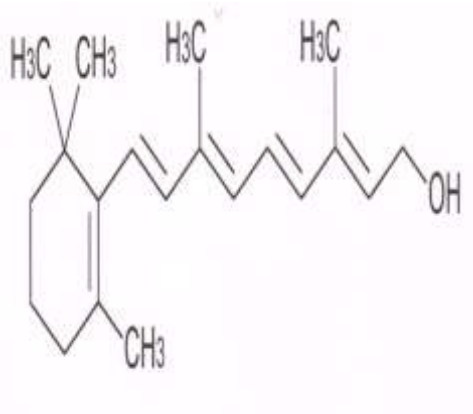
Vitamin dapat dikelompokkan dalam 2 golongan yaitu vitamin yang larut di dalam lemak yaitu A,D,E dan K; Vitamin yang larut dalam air yaitu vitamin C dan B kompleks. Vitamin yang larut dalam lemak banyak terdapat dalam daging ikan, minyak ikan, dan biji-bijian sumber minyak seperti kacang tanah, kacang kedelai. Vitamin yang larut dalam lemak sekali diserap tubuh

akan disimpan dalam hati atau jaringan-jaringan lemak. Vitamin yang larut dalam lemak memerlukan pengangkut berupa protein untuk memindahkan dari satu tempat ke tempat lain. Karena sifatnya yang tidak larut dalam air maka vitamin-vitamin tersebut tidak diekskresikan, akibatnya vitamin ini ditimbun dalam tubuh bila dikonsumsi dalam jumlah banyak. Vitamin-vitamin yang larut dalam air bergerak bebas dalam tubuh, darah dan limpa. Karena sifatnya yang larut dalam air, vitamin ini mudah rusak dalam pengolahan, dan mudah hilang karena tercuci, larut dalam air dan keluar dari bahan.

## **1. Vitamin A**

Vitamin A pada umumnya terdapat di dalam hasil-hasil hewani seperti daging, susu, keju, kuning telur, hati, **ikan** dan telur. Hasil nabati pada umumnya tidak mengandung vitamin A tetapi mengandung zat dalam bentuk provitamin A yang dikenal sebagai beta karoten, misalnya di dalam buah tomat, pepaya, wortel dan sayur-sayuran hijau. Semakin hijau daun semakin tinggi kadar

karotennya. Wortel, ubi jalar dan waluh kaya akan karoten. Slada dan kol miskin karoten.



**Gambar 35. Struktur Vitamin A retinol**

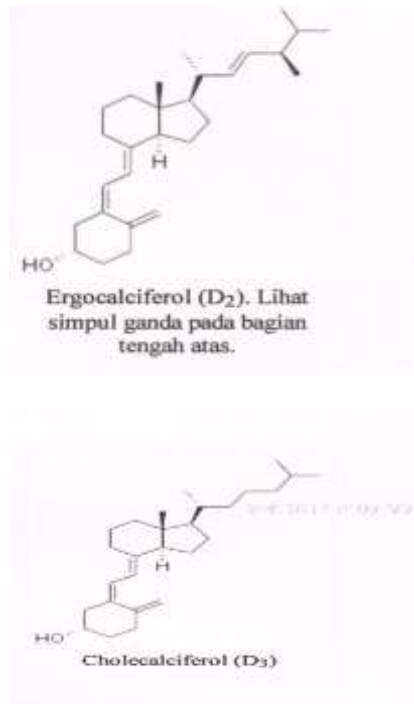
Kekurangan vitamin A dapat menyebabkan buta ayam, pertumbuhan yang tidak normal pada anak-anak serta kelainan pada selaput mata dan selaput epitel. Vitamin A berperan menjaga agar kornea mata selalu sehat. Mata yang sehat mengeluarkan mukus, yaitu cairan lemak kental yang dikeluarkan sel epitel mukosa sehingga membantu mencegah terjadinya infeksi. Akan tetapi bila kekurangan vitamin A, sel epitel akan mengeluarkan keratin, yaitu protein yang tidak larut dalam air dan bukan mukus. Bila sel-sel epitel mengeluarkan keratin, sel-sel membran akan kering dan mengeras, hal ini dikenal dengan keratinisasi. Keadaan tersebut bila berlanjut menyebabkan xeroftalmia (buta ayam) dan bila berlanjut terus menyebabkan kebutaan.

## 2. Vitamin D

Dari beberapa jenis vitamin D dua diantaranya dianggap yang paling penting yaitu vitamin D<sub>2</sub> (ergo kalsiferol) dan vitamin D<sub>3</sub> (7-dehidrokoleterol kolikolaferol). Vitamin D<sub>3</sub> dibentuk di dalam jaringan subkutan hewan dan manusia. Perubahan 7-dehidrokholesterol oleh pengaruh sinar ultra-violet dari matahari. Iradiasi ergosterol dapat menghasilkan vitamin D<sub>2</sub> banyak terdapat dalam bahan nabati yang dapat digunakan sebagai tambahan vitamin D pada susu dan makanan lain. Vitamin D ditemukan dalam hati, **minyak ikan**, hasil-hasil susu dan telur. Peranan vitamin D sangat penting bagi metabolisme kalsium dan fosfor. Adanya vitamin D, absorpsi kalsium oleh alat pencernaan akan diperbaiki, kalsium dan fosfor dari tulang dimobilisasi, pengeluaran dan keseimbangan mineral dalam darah ikut dikendalikan. Vitamin D dari makanan, akan diserap bersama-sama lemak dan masuk ke dalam saluran darah melalui dinding usus kecil jejunum dan ileum dan diangkut ke dalam chylomicron melalui sirkulasi limpa. Kekurangan vitamin D akan



mengakibatkan gangguan penyerapan kalsium dan fosfor pada saluran pencernaan dan gangguan mineralisasi struktur tulang dan gigi, kelainan pertumbuhan tulang pada anak-anak. Sumber yang banyak mengandung vitamin D adalah minyak ikan, susu serta hasil olahan susu, telur, keju dan lain-lain.

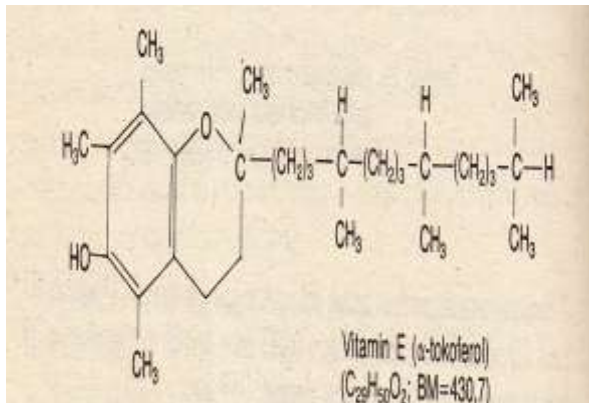


Gambar 36. Struktur vitamin D (D<sub>2</sub> dan D<sub>3</sub>)

### 3. Vitamin E

Vitamin E merupakan faktor anti kemandulan dan penting untuk pembentukan dan kesehatan jaringan tulang, antioksidan yang kuat dan berfungsi di dalam mencegah terbentuknya peroksida secara berlebihan dalam jaringan. Vitamin E membantu mencegah oksidasi terhadap vitamin A dalam saluran pencernaan. Dalam jaringan vitamin E menekan terjadinya oksidasi asam lemak tidak jenuh, sehingga membantu dan mempertahankan fungsi membran sel. Sumber vitamin E adalah kacang-kacangan, minyak nabati dan alpukat. Kekurangan vitamin E dapat menyebabkan kegagalan menghasilkan anak, *macrocytic anemia* yaitu jangka hidup butir darah yang lebih pendek, *liver necrosis*, dan *dystrophy* otot-otot. Sumber lain yang mengandung vitamin E adalah **ikan**, ayam, kuning telur, kecambah, ragi, minyak tumbuh-tumbuhan, havermut, dan sebagainya, serta berbagai penyakit lain yang ditimbulkan akibat kekurangan vitamin E seperti bisa

mandul baik pria maupun wanita, gangguan syaraf dan otot, dan lain-lain.

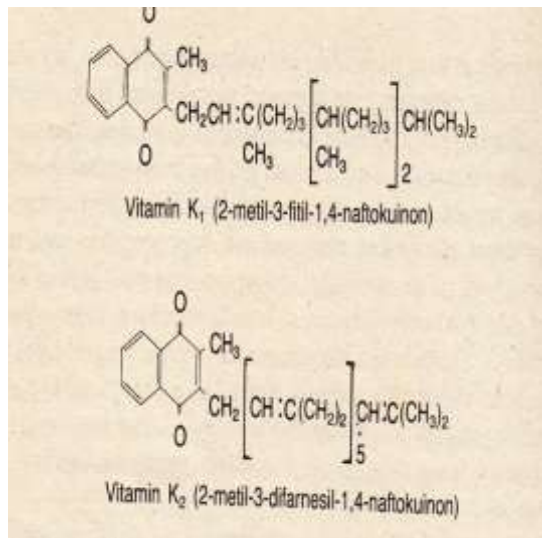


Gambar 37. Struktur vitamin E

#### 4. Vitamin K

Vitamin K disebut juga vitamin koagulasi (penggumpal). Vitamin K ini terdiri dari K1 (2-metil-3-fetil-1,4-naftokuinon), K3 atau manadion (2-metil-1,4-naftokuinon) produk sintesis memiliki kekuatan 3x dibanding vitamin K. Vitamin K larut dalam lemak dan tahan panas, tetapi mudah rusak oleh radiasi, asam, dan

alkali. Vitamin K sangat penting bagi pembentukan protombin. Kadar protombin yang tinggi di dalam darah merupakan indikasi baiknya daya penggumpalan darah. Sumber yang mengandung vitamin K seperti susu, kuning telur, sayuran segar, **ikan** dan lain-lain, sedangkan penyakit yang ditimbulkan akibat kekurangan vitamin K adalah darah sulit membeku bila terluka/berdarah/luka/pendarahan, pendarahan di dalam tubuh, dan sebagainya



Gambar 38. Struktur Vitamin K1 dan K2

## BAB 7. MINERAL

Mineral merupakan komponen mikro yang terdapat pada ikan, hampir seluruh mineral dimuka bumi ada pada ikan dengan jumlah yang relatif kecil, namun mineral yang ada dan sering dimanfaatkan, sehingga dapat dipakai sebagai icon untuk terbebasnya dari penyakit gondok yaitu iodium yang terdapat dalam jumlah yang cukup untuk kebutuhan tubuh, khususnya kelenjar tiroid akan mineral iodium terutama pada ikan laut, apalagi hewan laut yang berada di bagian dasar perairan. Adapun mineral tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Phospor / Fosfor / P.** Fosfor berfungsi untuk pembentukan tulang dan membentuk gigi.
2. **Cobalt / Kobal / Kobalt / Co.** Cobalt memiliki fungsi untuk membentuk pembuluh darah.
3. **Chlor / Klor / Cl.** Chlor digunakan tubuh untuk membentuk HCl atau asam klorida pada lambung. HCl memiliki kegunaan membunuh kuman bibit penyakit dalam lambung dan juga mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin.
4. **Magnesium / Mg.** Fungsi atau kegunaan dari magnesium adalah sebagai zat yang membentuk sel

- darah merah berupa zat pengikat oksigen dan hemoglobin.
5. **Mangan / Mangan / Mn.** Mangan berfungsi untuk mengatur pertumbuhan tubuh dan sistem reproduksi.
  6. **Tembaga / Cuprum / Cu.** Tembaga pada tubuh berguna sebagai pembentuk hemoglobin pada sel darah merah.
  7. **Kalsium / Calcium / Ca.** Kalsium atau disebut juga zat kapur adalah zat mineral yang mempunyai fungsi dalam membentuk tulang dan gigi serta memiliki peran dalam vitalitas otot pada tubuh.
  8. **Kalium / K.** Kalium dibutuhkan sebagai pembentuk aktivitas otot jantung.
  9. **Zincum / Zinc / Seng / Zn.** Seng oleh tubuh dibutuhkan untuk membentuk enzim dan hormon penting. Selain itu zinc juga berfungsi sebagai pemelihara beberapa jenis enzim, hormon dan aktivitas indera pengecap.
  10. **Sulfur atau Belerang/S.** Zat ini memiliki andil dalam membentuk protein di dalam tubuh.
  11. **Natrium / Na.** Natrium adalah zat mineral yang diandalkan sebagai pembentuk garam di dalam

tubuh dan sebagai penghantar impuls dalam serabut syaraf dan tekanan osmosis pada sel untuk menjaga keseimbangan cairan sel dan cairan yang ada di sekitarnya.

12. **Flour / F.** Flour berperan untuk pembentuk lapisan email gigi yang melindungi dari segala macam gangguan pada gigi.
13. **Yodium / Iodium / I.** Zat mineral yodium biasanya terdapat pada garam dapur yang tersedia bebas di pasaran, namun tidak semua jenis dan merk garam dapur mengandung yodium. Yodium berperan penting untuk membantu perkembangan kecerdasan atau kepandaian pada anak. Yodium juga dapat membantu mencegah penyakit gondok, gondong atau gondongan. Yodium berfungsi untuk membentuk zat tirosin yang terbentuk pada kelenjar tiroid.

**Sejarah** yodium ditemukan oleh Courtois pada tahun 1811. Iod tergolong unsur halogen, terdapat dalam bentuk iodida dari air laut yang terasimilasi dengan rumput laut, sendawa chili, tanah kaya nitrat (dikenal sebagai kalis, yakni batuan sedimen kalsium

karbonat yang keras), air garam dari air laut yang disimpan, dan di dalam air payau dari sumur minyak dan garam. Sumber Iod atau Yodium yang sangat murni dapat diperoleh dengan mereaksikan kalium iodida dengan tembaga sulfat. Ada pula metode lainnya yang sudah dikembangkan. Sifat-sifat Iod adalah padatan berkilauan berwarna hitam kebiru-biruan, menguap pada suhu kamar menjadi gas ungu biru dengan bau menyengat. Iod membentuk senyawa dengan banyak unsur, tapi tidak sereaktif halogen lainnya. Iod menunjukkan sifat-sifat menyerupai logam, mudah larut dalam kloroform, karbon tetraklorida, atau karbon disulfida yang kemudian membentuk larutan berwarna ungu yang indah. Iod hanya sedikit larut dalam air.

**Iodium (Yodium)** adalah salah satu mineral yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Terdapat pada makanan seperti **makanan laut**, susu, telur, daging dan air minum di daerah tertentu. Upaya pemerintah dalam penanggulangan penyakit gondok karena kekurangan iodium dipakai garam sebagai media, karena garam dipakai oleh semua orang Indonesia dalam proses



penyediaan makanan. Pemakaian garam beriodium yang dianjurkan, pakailah garam pada saat makanan telah siap santap di atas meja, jadi tidak membubuhkan garam pada saat memasak yang sedang mendidih.

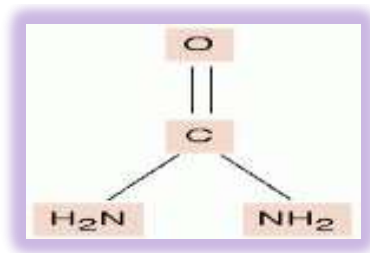


**Gambar 39. Penderita penyakit gondok**

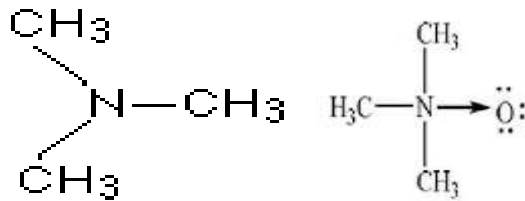
Kebutuhan yodium bagi tubuh relatif sangat kecil, namun tetap harus terpenuhi. **Kelenjar gondok (tiroidea)** menghasilkan hormon tiroid yang prosesnya memerlukan unsur yodium. Selain **hormon tiroid, kelenjar gondok** menghasilkan hormon pertumbuhan.

## BAB 8. NON PROTEIN NITROGEN (NPN)

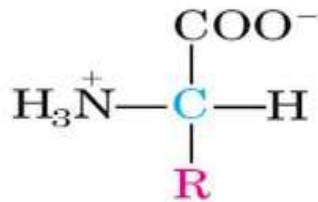
Non Protein Nitrogen adalah suatu senyawa nitrogen tapi tidak termasuk protein seperti amoniak, asam amino bebas, trimetilamin, kreatinin, asam urat. urea. Urea dibentuk dari katabolisme asam amino/protein. Senyawa NPN hampir tersebar di seluruh jaringan otot tubuh ikan dalam jumlah yang relatif kecil serta dapat dipakai sebagai indikator kesegaran dari ikan.



Gambar 40. Struktur kimia urea



**Gambar 41. Struktur kimia trimetilamin dan trimetilamin oksida**



**Gambar 42. Struktur kimia asam amino bebas**

## DAFTAR PUSTAKA

- Albert L. Lehninger. 1995.** Dasar-Dasar Biokimia I & II. (Alih bahasa : Maggy Thenawidjaja). Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Andarwulan, N. Dan Koswara, S. 1989.** Kimia Vitamin. Penerbit Rajawali Press. Jakarta.
- Anonimus, ?** Kandungan Protein Ikan-  
<http://meutuah.com/wawasan/kandungan-protein-ikan.htm>. Januari 2012.
- Banwart, G.J. 1979.** Basic Food Microbiology. The Avi Publishing Co. Inc. Westport Connecticut.
- Harper, H.A., Rodwell,V.W., Mayes, P.A. 1981.** Biokimia (*Review of Physiological Chemistry*) Terjemahan Martin Muliawan. Penerbit Buku Kedokteran E.G.C. Jakarta.
- Harold Hart. 1983.** Organic Chemistry”, a Short Course, Sixth Edition. Michigan State University. Houghton Mifflin Co.
- Ketaren, S. 1986.** Minyak dan Lemak Pangan. Pengantar Teknologi. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta.

- Matias Dwiangga Vinesian. 2010.** Denaturasi Protein. Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Sahid. Jakarta.
- Murniyati. A.S. dan Sunarman. 2000.** Pendinginan, Pembekuan Dan Pengawetan Ikan. Penerbit Kanisius Anggota IKAPI. Yogyakarta.
- Ralp J. Fessenden and Joan S. Fessenden, 1986.** Organic Chemistry. Third Edition, University Of Montana. Wadsworth, Inc, Belmont, California 94002, Massachuset, USA.
- Sudarmaji, S. Haryono, B. Dan Suhardi. 1989.** Analisa Bahan Makanan Dan Pertanian. Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Soeharsono. 1982.** Biokimia I dan II. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pandit, I. G. S. 1994.** Efek Kondisi Pengeringan Terhadap Mutu Ikan Teri Kering Tawar dan Stabilitas Penyimpanannya. Tesis. Program Pascasarjana. UGM. Yogyakarta.
- Pandit, I. G. S. 2004.** Teknologi Penanganan dan Pengolahan ikan. Penerbit P.T. Bali Post. Denpasar.

**Pandit, I. G. S. 2007.** Pengaruh Penyiangan Dan Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Kimiawi, Mikrobiologi dan Organoleptik Ikan Tongkol (*Auxis thazard*, Lac). Disertasi. Program Pascasarjana UNUD. Denpasar.

**Wirahadikusumah, M. 1989.** *Biokimia Protein, Enzim dan Asam Nukleat*. Penerbit ITB. Bandung.

**Wikipedia <sup>a</sup>. 2009.** *Protein*. <http://id.wikipedia.org/wiki/> diakses tanggal 9 Desember 2009.

**Wikipedia <sup>b</sup>. 2009.** *Asam Amino*. <http://id.wikipedia.org/wiki/> diakses tanggal 9 Desember 2009.

**Winarno, F.G. 2002.** *Kimia Pangan dan Gizi*. Penerbit Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

# *Biokimia Hasil Perairan*

**Prof. Dr. Ir. I Gde Suranaya Pandit, M.P** merupakan **Guru Besar** Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan pada Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa Denpasar dan kini dipercaya sebagai **Direktur Program Pascasarjana Universitas Warmadewa**.



Dilahirkan di Singaraja Bali 4 Maret 1961. Riwayat Pendidikan dimulai SD. No. 18 Denpasar (1967-1973), SMP N II Denpasar (1974-1976), SMA N I Denpasar (1977-1980), **S-1** Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perairan Fakultas Perikanan Universitas Riau Pekanbaru (1980-1985), **S-2** Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (1991-1994), **S-3** Program Doktor Ilmu Kedokteran dengan konsentrasi Ilmu Kesehatan Masyarakat (2004-2007). Tahun 2009 ditetapkan sebagai **Guru Besar** Bidang Ilmu Teknologi Pengolahan Hasil Perairan Fakultas Pertanian Universitas Warmadewa.

Buku ini sangat bermanfaat bagi Mahasiswa. Dosen, maupun Para Praktisi yang ingin mendalami tentang biokimia hasil perairan. Isi buku ini sudah dilengkapi dengan gambar/foto untuk memudahkan dalam mempelajarinya. Buku ini masih sangat terbatas, oleh karena itu sangat mengharapkan kritis dan saran untuk dapat kami perbaiki dan disempurnakan pada edisi yang akan datang. Semoga bermanfaat.



Jln. Terompong No. 24 Denpasar Telp. 0361 223858  
e-mail : suranaya\_pandit@yahoo.com

ISBN 978-602-1582-00-8



Bhagawad-Gita. IV.42

**Keragu-raguan yang timbul dalam hatimu, karena kebodohan  
harus dihadapi dengan ilmu pengetahuan.**